

1708
66

12

273.573

371
Miller
26

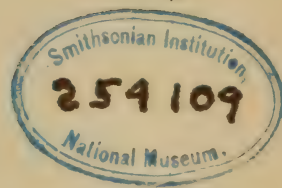
ZOOLOGISCHE JAHRBÜCHER

ABTEILUNG
FÜR
ALLGEMEINE ZOOLOGIE UND PHYSIOLOGIE
DER TIERE

HERAUSGEGEBEN
VON
PROF. DR. J. W. SPENGEL
IN GIESSEN

BAND 36

MIT 12 TAFELN UND 89 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1919

Alle Rechte, namentlich das der Übersetzung, vorbehalten.

521104

Inhalt.

Erstes Heft.

(Ausgegeben am 6. September 1916.)

	Seite
LÖHNER, LEOPOLD, Zur Kenntnis der Blutverdauung bei Wirbellosen	1
DEWITZ, J., Untersuchungen über Geschlechtsunterschiede. No. 4. Das Verhalten der beiden Geschlechter gegenüber Methylenblau. Mit Tafel 1—2	11
MERKER, ERNST, Studien am Skelet der Echinodermen. Mit 15 Abbildungen im Text	25
JORDAN, HERMANN, Über „reflexarme“ Tiere. IV. Die Holothurien. Zweite Mitteilung. Mit 5 Abbildungen im Text	109

Zweites Heft.

(Ausgegeben am 28. November 1917.)

GERICKE, H., Atmung der Libellenlarven mit besonderer Berücksichtigung der Zygopteren. Mit Tafel 3—4 und 1 Abbildung im Text	157
HIRSCH, GOTTWALT CHRISTIAN, Die Ernährungsbiologie fleischfressender Gastropoden. 2. Teil. Mit 12 Abbildungen im Text.	199
DEWITZ, J., Über die Entstehung rudimentärer Organe bei den Tieren	231
TOLDT jun., K., Geweihstudien auf Grund einer eigenartigen Hirschtangen-Abnormität. Mit Tafel 5—6 und 2 Abbildungen im Text	245

Drittes Heft.

(Ausgegeben am 15. März 1918.)

HASEBROEK, K., Die morphologische Entwicklung des Melanismus der Hamburger Eulenform <i>Cymatophora</i> or <i>F. ab. albingensis</i> WARN. Mit 25 Abbildungen im Text	317
---	-----

	Seite
PAUSE, JOHANNES, Beiträge zur Biologie und Physiologie der Larve von <i>Chironomus gregarius</i> . Mit Tafel 7—8 und 22 Abbildungen im Text	339
KOPEĆ, STEFAN, Lokalisationsversuche am zentralen Nervensystem der Raupen und Falter. Mit Tafel 9—12 und 7 Abbildungen im Text	453

Viertes Heft.

(Ausgegeben am 27. März 1919.)

MÜLLER, ERNST, Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildkaninchen	503
BETHCKE, HANS, Vergleichende Untersuchungen an Frettchen und Iltissen	589
TIMMANN, OTTO, Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildenten	621
LANGE, W., Untersuchungen über den Hämoglobingehalt, die Zahl und die Größe der roten Blutkörperchen	657

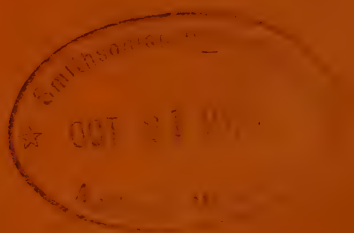
ZOOLOGISCHE JAHRBÜCHER

ABTEILUNG FÜR ALLGEMEINE ZOOLOGIE UND PHYSIOLOGIE DER TIERE

HERAUSGEGEBEN
VON
PROF. DR. J. W. SPENGEL
IN GIESSEN

BAND 36. HEFT 1.

MIT 2 TAFELN UND 20 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1916

Die „Zoologischen Jahrbücher“ (Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere) erscheinen in zwangloser Folge. Je vier Hefte bilden einen Band. Der Preis wird für jedes Heft einzeln bestimmt.

Inhalt.

(Abt. f. Phys., Bd. 36, 1)

	Seite
LÖHNER, LEOPOLD, Zur Kenntnis der Blutverdauung bei Wirbellosen	1
DEWITZ, J., Untersuchungen über Geschlechtsunterschiede. No. 4. Das Verhalten der beiden Geschlechter gegenüber Methylenblau. Mit Tafel 1—2	11
MERKER, ERNST, Studien am Skelet der Echinodermen. Mit 15 Abbildungen im Text	25
JORDAN, HERMANN, Über „reflexarme“ Tiere. IV. Die Holothurien. Zweite Mitteilung. Mit 5 Abbildungen im Text	109

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Soeben erschien:

Paläobiologie der Cephalopoden aus der Gruppe der Dibranchiaten.

Von

O. Abel.

Mit einem Titelbild und 100 Figuren im Text.

Preis: 8 Mark, geb. 9 Mark 20 Pf.

Inhalt: Einleitung. Die Lebensweise der lebenden Dibranchiaten.

1. Allgemeine Vorbemerkungen. 2. Die Bewegungsart der lebenden Dibranchiaten. 3. Die Futtertiere und Feinde der lebenden Dibranchiaten. 4. Der Aufenthaltsort der lebenden Dibranchiaten. 5. Die Körperform der lebenden Dibranchiaten. 6. Das Einzelleben und das Leben in Schwärmen. — **Die Lebensweise der fossilen Dibranchiaten.** 1. Die bisherigen Hypothesen über die Lebensweise der Belemniten. 2. Die Morphologie der Rostralbildungen bei den verschiedenen Dibranchiatenstämmen. 3. Wird das Gewicht des Belemnitenrostrums durch den Gasbehälter des Phragmokons ausgeglichen? 4. Die Ermittlung der Lebensweise der fossilen Dibranchiaten. 5. Die Rekonstruktion des Belemnitentieres. — **Die phylogenetische Bedeutung der Armzahl der Dibranchiaten.** 1. Die bisherigen Ansichten über die phylogenetische Stellung der Belemniten. 2. Bisherige Angaben über die Armzahl der fossilen Dibranchiaten. 3. Die Armzahl der Belemniten. 4. Die ontogenetische Entwicklung der Arme bei den lebenden Dibranchiaten.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Zur Kenntnis der Blutverdauung bei Wirbellosen.

Versuche mit *Dendrocoelum lacteum* (MÜLLER).

Von

Priv.-Doz. Dr. Leopold Löhner.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Graz.)

Bringt man Süßwasser-Tricladen in einem Uhrgläschen mit ein paar Tropfen unverdünnten Blutes zusammen, so kann man nach kurzer Zeit feststellen, daß Blut in das Darmsystem gepumpt wird. Die meisten Planarienarten trinken unter diesen Umständen merkwürdigerweise Blut begierig, wiewohl sich ihre natürliche Nahrung aus kleinen lebenden wie toten Wassertieren und Detritusmassen zusammensetzt.

Der Vorgang wurde vor langen Jahren von METSCHNIKOFF¹⁾ zuerst beobachtet und von ihm und später von anderen Autoren vielfach zum Studium der Verdauungsvorgänge bei diesen Tieren herangezogen. Ich beabsichtige nicht, eine Mitteilung über den intracellulären Verdauungsakt und die anschließenden Assimilationsvorgänge, die in neuerer Zeit durch SAINT-HILAIRE²⁾ eine eingehende

1) E. METSCHNIKOFF, Über die Verdauungsorgane einiger Süßwasserturbellarien, in: Zool. Anz., Jg. 1, 1878, p. 387—390.

2) C. SAINT-HILAIRE, Beobachtung über die intracelluläre Verdauung in den Darmzellen der Planarien, in: Ztschr. allg. Physiol., Vol. 11, 1910, p. 177—248, tab. 8—16.

Bearbeitung gefunden haben, zu bringen, sondern möchte das Ergebnis einer kleinen Untersuchung veröffentlichen, die sich mit den mit der Blutverdauung einhergehenden Veränderungen des Blutfarbstoffes befaßt. Um diese vom Standpunkte der vergleichenden Verdauungsphysiologie nicht unwichtigen Veränderungen innerhalb des lebenden Organismus verfolgen und auch spektroskopisch untersuchen zu können, war die Wahl einer möglichst pigmentarmen und durchsichtigen Form geboten. Ich entschied mich für das in großer Menge leicht zu beschaffende *Dendrocoelum lacteum* (MÜLLER), wiewohl die milchweiße, mäßig durchscheinende Form idealen Ansprüchen kaum genügt, aber die Erzielung spektroskopischer Bilder doch noch möglich macht.

Beobachtet man ein mit weit vorgestülptem Pharynx saugendes Tier, so sieht man, wie sich in kurzer Zeit die 3 Darmschenkel und ihre zahlreichen, lappigen Divertikel füllen und als leuchtendrote Stränge vom weißen Hintergrunde abheben. Nach sorgfältigem Abspülen alles anhaftenden Blutes erhält man auf diese Weise ein hübsches Demonstrationsobjekt, das denkbar schönste „Injektionspräparat“ des gesamten Darmsystems.

Sofort nach der Blutaufnahme betrachtet, erscheinen die Darmäste im durchfallenden Lichte hellrot, durchscheinend, im auffallenden schwarzrot. Es handelt sich offenbar um die unveränderte Farbe des aufgenommenen Blutes, also um Oxyhämoglobin, bzw. Hämoglobin. Nach einigen Stunden hat ein leichtes Nachdunkeln der Farbe stattgefunden; am nächsten Tage ist der Darminhalt undurchsichtig geworden und hat einen Stich ins Braune angenommen. Die Braunfärbung ist am 2. Tage am stärksten und blaßt dann allmählich ab, bis durchschnittlich am 5.—7. Tage die vollständige Entfärbung des Darminhaltes eingetreten ist. Bis zur völligen Entleerung des Darmsystems vergehen dann aber noch einige Tage.

Ehe über die Natur dieser Veränderungen des Blutfarbstoffes ein Urteil abgegeben werden konnte, war die Vorfrage nach den Reaktionsverhältnissen des Darmtractes zu beantworten. Bei BIEDERMANN¹⁾ und auch in der neuesten zusammenfassenden Darstellung von GRAFF²⁾ fand ich keinerlei Aufschlüsse über den Gegenstand.

1) W. BIEDERMANN, Die Aufnahme, Verarbeitung und Assimilation der Nahrung, in: WINTERSTEIN, Handb. vergl. Physiol., Vol. 2, Hft. 1, 1911, p. 508—514.

2) L. v. GRAFF, Tricladida, in: BRONN, Klass. Ordn. Tier-Reich., Vol. 4, p. 118, Lief. 149, Leipzig 1913, p. 2826.

Nur SAINT-HILAIRE¹⁾ beschäftigte sich mit der Frage und kommt auf Grund von Fütterungsversuchen bei gleichzeitiger Beimischung verschiedener Farbstoffe als Indikatoren zur Nahrung zu dem Schlusse, daß die Verdauung in den Darmzellen der Turbellarien nicht in saurer Lösung vor sich geht. Ich kann dem Autor der verdienstvollen Arbeit in diesem Punkte nicht beistimmen, nicht etwa im Hinblick auf seine Beobachtungen, aber in der Hinsicht, daß die angestellten Versuche im Sinne modern physiologischer Anforderungen nicht hinreichend erscheinen, um ein Urteil über Reaktionsverhältnisse abzugeben. SAINT-HILAIRE untersuchte die Reaktion der Verdauungsvacuolen von Planarien, die mit Froschdotter oder Blut unter Zusatz von Kongorot oder „Alizarinsulfosäure“ gefüttert wurden, und fand, daß charakteristische Farbveränderungen, die auf die Einwirkung von Säure zurückzuführen gewesen wären, nicht auftraten.

Auch ich stellte derartige Versuche an und erzielte z. B. eine schöne und gleichmäßige Färbung des Gesamtdarmsystems in der Weise, daß ich Kongorot, in Milch gelöst, verfütterte. Milch erweist sich für diesen Farbstoff als das geeignetste Vehikel. Ich kann bestätigen, daß dieser Farbstoff im Verdauungstracte der Planarien bis zu seiner allmählichen Ausscheidung keinerlei bemerkenswerte Veränderung erfährt.

Andere Farbstoffe verfütterte ich mit Blut. Da aber defibriertes Blut sich wegen seiner störenden Eigenfarbe und seiner sonstigen Eigenschaften für diese Versuche wenig eignete, verwendete ich eine dichte Pferdeleucocyten-Suspension in 0,85 % NaCl-Lösung, gewonnen nach dem HAMBURGER-HEKMA'schen Verfahren²⁾, für diesen Zweck. Vermischt man diese Suspension mit Natriumalizarinsulfonat (Natrium Alizarinsulfonicum MERCK) und setzt dann einige Dendrocölen zu, so wird man nach kurzer Zeit im Darmkanale der Tiere violett gefärbte Flocken nachweisen können. Die Planarien sondern nämlich reichlich Schleim ab, der sich ob seiner alkalischen Reaktion mit dem Farbstoffe intensiv violett färbt und bei Umrühren mit den Leucocyten jene Flocken bildet, die von den Tieren dann gelegentlich mitverschlungen werden. Diese Fraßkörper ändern ihren rotvioletten Farbenton im Laufe der nächsten Tage nicht merklich, jedenfalls findet Gelbverfärbung nicht statt. Das

1) C. SAINT-HILAIRE, l. c., p. 210.

2) H. J. HAMBURGER, Physikalisch-chemische Untersuchungen über Phagozyten. Ihre Bedeutung vom allgemein biologischen und pathologischen Gesichtspunkt, Wiesbaden 1912, p. 2—13.

Alizarinsulfonat wird, wie die meisten dieser Farbstoffe, spätestens bis zum 3. oder 4. Tag völlig wieder ausgeschieden. Die Ausscheidung erscheint durch einen Defäkationsakt auf dem Mundwege zu erfolgen. Man kann in sorgfältig rein gehaltenen Gefäßen alsbald an einzelnen Stellen kleine Anhäufungen von Farbstoff und Schleimmassen, nicht aber diffuse Verteilung des ersteren nachweisen.

Der Ausfall aller dieser Versuche besagt aber für die verdauungsphysiologisch in Betracht kommenden Reaktionsverhältnisse wenig. Für die moderne Definition¹⁾ der sauren und alkalischen Reaktion, die vollkommen eindeutig und quantitativ bestimmt ist, kommt bekanntlich nur die Wasserstoffionen-Konzentration in Betracht. Die Fruchtbarkeit dieser Begriffsbestimmung, gegenüber der alten rein qualitativen, liegt darin, daß Lösungen der verschiedensten Zusammensetzung, sobald sie nur nach dieser Definition die gleiche Reaktion, d. h. die gleiche H-Ionenkonzentration, besitzen, auch physiologisch gleichwertig sind. Zwei Lösungen mögen die verschiedenartigste Zusammensetzung haben; sie mögen sich auch in ihrer Titrationsacidität merklich unterscheiden, solange sie nur die gleiche H-Ionenkonzentration besitzen, sind sie — mit gewisser Einschränkung — in ihrer Wirkung auf einen enzymatösen Prozeß einander völlig gleichwertig. Es wäre zu wünschen, daß auch auf zoologischem Gebiete möglichst bald diese Betrachtungsweise allgemein zur Geltung kommt; die vergleichende Verdauungsphysiologie würde daraus jedenfalls den größten Gewinn ziehen.

Für biologische Aufgaben wie die vorliegende kann von den Methoden für die Messung der H-Ionenkonzentration die Methode der Wasserstoffgasketten wegen der geringen, zur Verfügung stehenden Materialmengen nicht in Betracht kommen; man wird vielmehr versuchen, im Sinne der SÖRENSEN'schen Indikatorenmethode (kolorimetrische Methode) hier gewisse Aufschlüsse zu erhalten. Das Prinzip dieser Methode beruht darin, daß der Farbenton, den irgendeine zu untersuchende Flüssigkeit einem bestimmten Indikator erteilt, mit der Farbe einer Reihe fein abgestufter Testlösungen von genau bekanntem $[H^+]$ -Gehalte verglichen wird. Aus dem Farbenvergleiche kann dann die H-Ionenkonzentration unmittelbar erschlossen werden.

1) L. MICHAELIS, Die Wasserstoffionenkonzentration, in: Monogr. aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere, Vol. 1, Berlin 1914. — Ein kurzer, populärwissenschaftlicher Aufsatz über den Gegenstand vom gleichen Verfasser erschien auch in: Naturwissenschaften, Jg. 2, Hft. 34/35, p. 829—834, Berlin 1914.

Ich überzeugte mich, daß sich im vorliegenden Falle Lackmus als geeigneter Indikator erweist, und erzielte seine Aufnahme in gleicher Weise wie die von Natriumalizarinsulfonat dadurch, daß ich den Farbstoff einer Leucocyten suspension zusetzte. Die von den Tieren verschlungenen Flocken sind deutlich blau gefärbt, also $[H'] \approx 10^{-8}$. Die Farbe des Darminhaltes bleibt durch mehrere Stunden unverändert, nimmt aber nach 6—10 Stunden einen Stich ins Violette an ($[H'] = 10^{-7}$), um allmählich ins Rotviolette überzugehen. Ausgesprochene Rotfärbung, d. h. also $[H'] > 10^{-6}$ wird nicht erreicht; das Maximum der Verfärbung, das etwa nach 24 Stunden zustande kommt, möchte ich schätzungsweise mit $[H'] = 7 \cdot 10^{-7}$ angeben. Mit fortschreitender Verdauung findet nach Ablauf des 1. Tages dann ein allmähliches Abblässen statt, aber eine Änderung des Farbtones kommt weiterhin in keiner Richtung mehr zustande.

Die anfänglich bestehenbleibende Blaufärbung beweist, wenn wir nicht eine überdauernde Eigenreaktion des Fraßkörpers ausschließlich dafür verantwortlich machen wollen, daß die einleitenden, extracellulären Verdauungsvorgänge bei alkalischer Reaktion stattfinden. Nach BIEDERMANN¹⁾ ist das Bestehen einer extracellulären, spez. schon einer intrapharyngealen Vorverdauung, bei der besonders die Secrete der Speicheldrüsen eine Rolle spielen, nicht in Zweifel zu ziehen. Die rasche Auflösung verschlungener, größerer Beutetiere bei manchen Formen spricht dafür. Es wurde die Ansicht geäußert, daß das proteolytische Enzym dieser Secrete ein Trypsin wäre. Der von mir erhobene Befund alkalischer Anfangsreaktion scheint dafür eine neue Stütze zu sein, allein es muß betont werden, daß nach neueren Anschauungen die Begriffe peptische und tryptische Verdauung nicht durch die Reaktion, sondern durch die Abbaustufe der Verdauungsprodukte bestimmt werden. Da es sich hier um eine Vorverdauung handelt, ist es unwahrscheinlich, daß ein echter tryptischer Prozeß vorliegt. Soweit die Blutverdauung von *Dendrocoelum* in Betracht kommt, scheint übrigens diese Vorverdauung eine recht untergeordnete Rolle zu spielen. Eine irgendwie merkbare Veränderung erfährt das Blut in der ersten Zeit nicht, und noch vor Ablauf einer Stunde ist die gesamte Menge von den Darmzellen aufgenommen, die, stark aufgetrieben, das Darmlumen zum Verschwinden bringen.

Während der zweiten Phase, der eigentlichen, intracellulären Verdauung, ist eine allmählich fort-

1) W. BIEDERMANN, l. c., p. 510.

schreitende Zunahme der H-Ionenkonzentration nach den gemachten Feststellungen unverkennbar, d. h. die anfänglich noch fortbestehende alkalische Reaktion schlägt in eine deutliche, wenn auch nicht stark saure um.

Diese Beobachtungen finden darin eine Stütze, daß für die meisten Fälle intracellulärer Verdauung saure Reaktion nachgewiesen wurde, so, wenn man von den verwickelter liegenden Prozessen bei Protozoen ganz absieht, für Leucocyten von Wirbeltieren, Phagocyten von Spongien, Entodermzellen von Nesseltieren usw.

SAINT-HILAIRE¹⁾ selbst bringt übrigens einen weiteren, wichtigen Anhaltspunkt für die Richtigkeit meiner Darstellung. Er schreibt mit Bezug auf das färberische Verhalten bestimmter, intracellulär gelagerter Erythrocyten: „Es ist mir nicht recht verständlich, warum die Blutkörperchen in den beschriebenen Fällen sich mit basischen Farbstoffen (Safranin, Gentiana) färben, da sie sich doch gewöhnlich mit sauren Stoffen färben (Eosin, Fuchsin S).“ Durch den Aufenthalt in einem sauren Medium und die Durchtränkung durch dasselbe werden die Erythrocyten eben selbst sauer reagierend und damit basophil.

Bei Berücksichtigung der Feststellung „Braunverfärbung des Blutes zu einem Zeitpunkte, da saure Reaktion im Darmtract nachgewiesen werden konnte“, erfährt die Zahl der Blutfarbstoffderivate, die in Betracht kommen könnten, eine wesentliche Einschränkung. Man würde danach auf das Auftreten bzw. die Beimischung von Methämoglobin in saurer Lösung, von Acidhämoglobin oder von Säurehämatin schließen.

Es war nun zu ermitteln, ob die spektroskopische Untersuchung weitere Aufschlüsse gibt. Zu diesem Zwecke brachte ich Tiere verschiedener Verdauungsstadien in geeignete Kompressorien und untersuchte sie bei intensiver Beleuchtung mit einem Mikrospektroskop. Ein Individuum, das eben gefüttert wurde, zeigt unter diesen Umständen auf das deutlichste die beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins, etwa entsprechend einer 0,2%igen Lösung in 1 cm dicker Schicht. Nach mehreren Stunden erscheint das ganze Spektrum bereits etwas verschwommen und lichtschwächer als früher. Die Durchsichtigkeit nimmt immer mehr ab, und etwa vom 2. Tage angefangen gestaltet sich deshalb die spektroskopische Untersuchung immer schwieriger. Durch stärkeres Zuschrauben des Kompres-

1) C. SAINT-HILAIRE, l. c., p. 205.

soriums — wobei allerdings manche Tiere nach einiger Zeit zerfließen und verloren gehen — erhält man aber auch dann noch Spektralbilder. Man sieht wiederum die Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins; sie sehen aber verwaschen aus und sind gegen früher wesentlich abgeschwächt, etwa entsprechend einer 0,02%igen Lösung in 1 cm dicker Schicht. Das Absorptionsband an der E-Linie (Streifen β) ist kaum noch zu erkennen. Daß in der Tat nicht etwa nur eine durch das stärkere Anziehen des Kompressoriums bedingte Schichtverdünnung als Ursache dafür verantwortlich gemacht werden darf, geht aus den gleich folgenden weiteren Ausführungen hervor.

Sonstige Absorptionsbänder, die man auf Grund des äußeren Eindrucks erwarten könnte, sind auch andeutungsweise nicht zu finden. Es käme besonders ein Absorptionsstreifen im Rot in Betracht, der, wenn auch etwas verschieden gelagert, für alle drei der genannten sauren Derivate charakteristisch ist.

Um sicher zu gehen, daß nicht etwa nur die ungünstigen Beobachtungsverhältnisse an intakten Tieren dieses Ergebnis bedingen, untersuchte ich auch aus solchen gewonnene wässrige Auszüge. Es wurden jeweils mehrere Tiere eines und desselben Verdauungsstadiums zerrieben und mit einer geringen Menge destillierten Wassers ausgelaugt; die Flüssigkeit wurde sodann durch gehärtete Filter filtriert und das klare, hellgelbe Filtrat in Mikrotrogröhren der spektroskopischen Untersuchung zugeführt. Das Ergebnis war nicht anders als das bei der Untersuchung lebender Tiere; es war, auch noch nach dem 4.—5. Tage, wieder nur das Absorptionsspektrum des Oxyhämoglobins zu erhalten.

Wie erwähnt, entfärbt sich mit dem Fortschreiten der Verdauung allmählich der Darminhalt. Bemerkenswert war nun die Feststellung, daß sich gleichzeitig damit das Außenwasser in geringem Grade färbt und einen Stich ins Gelbliche annimmt, unter der Voraussetzung, daß einige Tiere in einer nicht zu großen Wassermenge — etwa in einem mittleren Becherglase — gehalten werden. Die spektroskopische Untersuchung dieses Wassers erfolgte unter Zuhilfenahme des Hämatinskops von ROLLETT, eines Apparats, der es ermöglicht, sehr verdünnte Lösungen in großer Schichtdicke zu spektroskopieren. Auch das Außenwasser gibt das Absorptionsspektrum des Oxyhämoglobins in sehr verdünnter Lösung.

Aus diesen Beobachtungen muß jedenfalls der Schluß gezogen

werden, daß die Bildung von Säurehämatinen ausgeschlossen erscheint. Die auch in beträchtlichen Verdünnungen charakteristischen Absorptionsbilder wären nicht zu verkennen gewesen. Zudem handelt es sich beim Säurehämatin um ein wasserunlösliches Derivat; die beim Zerquetschen der Tiere gewonnenen braunen Massen lösten sich aber in Wasser rasch und restlos auf. Natürlich wurde auch die Möglichkeit erwogen, daß durch sekundäre Umsetzungen reduziertes Hämatin entstehen könnte, dessen Spektrum mit dem des Oxyhämoglobins leicht verwechselt werden kann. Neben der Wellenlängebestimmung bediente ich mich eines höchst einfachen Vergleichsverfahrens zur Identifizierung der Absorptionsstreifen. Es wurden entsprechend verdünnte Lösungen von Oxyhämoglobin und reduziertem Hämatin hergestellt und in Mikrotrogröhen eingefüllt. Schaltet man 2 derartige Röhren gleichen Inhaltes hintereinander, so erhält man das Bild verstärkter Absorption, entsprechend der Schichtverdickung. Sobald es sich aber um die verschiedenen Derivate handelt, decken sich die Absorptionsstreifen nicht mehr, sondern sind nebeneinander zu erkennen. Auch auf diese Weise konnte der Beweis erbracht werden, daß es sich in allen Fällen nur um Oxyhämoglobin handelt.

Das Fehlen der beiden anderen Körper, die sich sehr nahe stehen und vielfach auch zusammengeworfen und miteinander verwechselt wurden, des Methämoglobins in saurer Lösung und des Acidhämoglobins¹⁾, darf aber lediglich auf Grund negativer spektroskopischer Befunde nicht behauptet werden. Es ist bekannt, daß die charakteristischen Absorptionsspektren des Methämoglobins nur bei Verwendung rein dargestellten Materials auftreten, daß dagegen, sobald es sich um Beimischungen zu zum Teile noch unverändertem Blutfarbstoff handelt, meist nur die beiden Absorptionsstreifen des Oxyhämoglobins gesehen werden können.

Man hat sich ferner auch zu vergegenwärtigen, daß das Auftreten dieser Derivate, speziell des Methämoglobins, nicht so sehr als Zersetzungs- wie als Umsetzungsvorgang aufzufassen ist. Tatsächlich geht außerhalb des Körpers das den Sauerstoff in dissoziabler Form enthaltende Oxyhämoglobin ebenso leicht in das den Sauerstoff fest gebunden führende Methämoglobin über wie Methämoglobin (via Hämoglobin) in Oxyhämoglobin. Es handelt sich nach ARON²⁾

1) Vgl. O. CONHEIM, Chemie der Eiweißkörper, Braunschweig 1900, p. 233.

2) H. ARON, Über die Lichtabsorption und den Eisengehalt des Blutfarbstoffes, in: Biochem. Ztschr., Vol. 3, 1907, p. 1—25.

nur um die Frage: ist Sauerstoff im Überschusse vorhanden oder findet eine Sauerstoffzehrung statt? „Der Übergang der lockeren Sauerstoffbindung (O-Hb) in feste Sauerstoffbindung (Met-Hb) und der umgekehrte Vorgang sind meines Erachtens als gleichwertige Umwandlungen anzusehen.“¹⁾ Zumindest bei jenen Versuchen, die sich mit der Spektraluntersuchung wässriger Extrakte oder des Aufenthaltswassers befaßten, waren die Bedingungen für Reduktionen und nachfolgende Oxydationen gegeben.

Auf Grund der makroskopisch wahrnehmbaren, deutlichen Verfärbung des Blutes möchte ich das Auftreten eines dieser Derivate für recht wahrscheinlich halten.

Ob diese Umsetzungen schließlich stattfinden oder nicht, hat nur sekundäres Interesse. Wichtig ist dagegen die Ermittlung, daß das Hämoglobin bei den intracellulären Verdauungsvorgängen der Turbellarien nicht aufgespalten, sondern als solches ausgeschieden wird. Es werden demnach offenbar nur die Eiweißkörper des Serums und Stromas ausgenützt, nicht aber die Globinkomponente des Farbstoffes. Die allmähliche Entfärbung gefütterter Tiere und die damit einhergehende Abschwächung der Spektralbilder wäre daher nicht auf einen Abbau, sondern auf eine quantitative Verringerung des Blutfarbstoffes infolge fortschreitender Ausstoßung zurückzuführen.

Wie die vorstehenden Darstellungen dartun, läßt sich also keinerlei Beleg dafür beibringen, daß ein Abbau des Hämoglobins zu Hämatin stattfindet. Ich muß diese Auffassung auch gegenüber SAINT-HILAIRE²⁾ vertreten, in dessen Arbeit ich keinen direkten, experimentellen Beweis für einen derartigen Abbau finden kann, wiewohl er sagt: „Die Verdauung der roten Blutkörperchen verläuft hier ebenso, wie bei der tryptischen Verdauung, d. h. das Hämoglobin spaltet sich in das Eiweiß und den Farbstoff. Das erstere verwandelt sich in die weiteren Verdauungsprodukte, während das Hämatin ausgeschieden wird.“ Der Farbstoff, den ich in den Ausscheidungen des 3.—5. Tages nachweisen konnte, war aber, wie gesagt, Oxyhämoglobin.

Für Demonstrationszwecke empfiehlt es sich, gleichzeitig Tiere verschiedener Verdauungsstadien in wassergefüllten Uhrgläschen auf weißer Unterlage aufzustellen. Man wähle nur gleich große

1) H. ARON, l. c., p. 9.

2) C. SAINT-HILAIRE, l. c., p. 211.

Individuen aus, die sich vollständig vollgesogen haben. Nicht alle Individuen nehmen nämlich Blut gleich gern an. Es finden sich immer einige Stücke, die beharrlich ohne ersichtliche Gründe die Aufnahme dieser Nahrung verweigern. Tiere, die nach etwa 10 Minuten nicht getrunken haben, tun es später in der Regel auch nicht, und es ist zwecklos, sie länger im Blute zu belassen, das als hypertone Flüssigkeit stark reizend auf das Integument wirkt. Nach der Rückversetzung in Wasser beobachtete ich nach vorausgegangenem längerem Blutaufenthalte regelmäßig schwere, wenn auch wieder zurückgehende Lähmungserscheinungen. Die Tiere liegen verkrümmt und bewegungslos da und sind infolge der Wimperlähmung nicht imstande, den Kontakt mit der Unterlage zu halten. Erst nach einiger Zeit, mitunter erst nach Stunden, kehrt das Bewegungsvermögen zurück; die Tiere nehmen dann wieder die gewöhnliche Stellung ein, bleiben aber noch gern an Ort und Stelle. Reichlich abgesonderter, an diesen Plätzen haftender Schleim zeugt noch nachträglich von der intensiven Hautreizung.

Die Unterschiede bei der Gegenüberstellung und der eventuell angeschlossenen mikrospektroskopischen Demonstration sind am deutlichsten, wenn man folgende Verdauungsstadien vorführt:

1. Eben gefüttertes Tier: Hellrotfärbung des gesamten Darmsystems (Oxyhämoglobin).

2. Vor etwa 2 Tagen gefüttertes Tier: Braunverfärbung des Darminhalts (Auftreten von Met- oder Acidhämoglobin [?]).

3. Vor etwa 6 Tagen gefüttertes Tier: vollständig entfärbtes Darmsystem, das aber noch von trüben Nahrungsresten erfüllt ist.

Zusammenfassung.

1. Die extracelluläre Vorverdauung im Darmsysteme der Planarien verläuft bei alkalischer, die eigentliche, intracelluläre Verdauung bei saurer Reaktion.

2. Bei der Blutverdauung findet eine Aufspaltung und Verwertung des Blutfarbstoffes nicht statt. Nicht Zersetzungs-, sondern nur Umsetzungsprodukte des Hämoglobins bzw. des Oxyhämoglobins, wie Methämoglobin in saurer Lösung oder Acidhämoglobin, scheinen neben diesem aufzutreten und die Braunverfärbung des Darminhalts zu bedingen.

3. Mit fortschreitender Verdauung wird das Hämoglobin allmählich ausgeschieden und ist als solches im Aufenthaltswasser spektroskopisch nachzuweisen.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Untersuchungen über Geschlechtsunterschiede.

No. 4.

Das Verhalten der beiden Geschlechter gegenüber Methylenblau.

Von

J. Dewitz.

Mit Tafel 1—2.

In No. 2¹⁾ dieser Mitteilungen hatte ich über das Verhalten des Puppenblutes gegen Farbstoffe Versuche gemacht. Ich habe dann später einen von jenen Farbstoffen, nämlich das Methylenblau, besonders berücksichtigt, wobei ich aber nicht allein das Blut, sondern den ganzen Inhalt der Puppe anwandte. Dieser setzt sich der Hauptsache nach aus Blut und Fettkörper zusammen. Für die Untersuchung benutzte ich folgende Methode, die, soweit sie die Herstellung von Organpulvern angeht, zum Teil dem von W. WIECHOWSKI²⁾ angegebenen Verfahren entspricht.

Die Chitinschale der gereinigten Puppe wurde in der Mittellinie ringsherum durchschnitten, so daß man eine rechte und eine linke Puppenhälfte erhielt. Der Puppeninhalt wurde mit der Pinzette herausgenommen, mit dem Messer herausgekratzt, dann in einem

1) In: Ctrbl. Physiol., Vol. 26, Hft. 5, 1912. — Meine früheren Mitteilungen über diesen Gegenstand sind zusammengefaßt in: Zool. Anz. 1916, Vol. 47, p. 126.

2) WILHELM WIECHOWSKI, Eine Methode zur chemischen und biologischen Untersuchung überlebender Organe in: Beitr. chem. Physiol. Pathol. (HOFMEISTER), Vol. 9, 1907, p. 232—246.

Mörser möglichst fein zerrieben und auf gereinigten Glasplatten ausgebreitet. Er kam darauf in den Wärmeschrank, wo er bei 35° C möglichst schnell getrocknet wurde. Sämtliche Geräte waren gereinigt und sterilisiert. In gewissen Fällen stach man die Puppe an, drückte das Blut heraus, vermengte es mit Toluol und goß es auf Glasplatten, die man gleichfalls bei 35° C in den Wärmeschrank stellte. Das Blut und der übrige Puppeninhalt waren hier also getrennt getrocknet worden. Ehe der Puppeninhalt aus der Puppenschale herausgenommen wurde, wurde in allen Fällen der „Magen“ mit seinem Inhalt entfernt.

Man nahm den getrockneten Puppeninhalt mit dem Messer von der Glasplatte ab, verrieb ihn in einem kleinen Porzellanmörser mit Toluol und filtrierte ihn auf einem Trichter aus Porzellanmasse („Nutsche“) mittels der Saugpumpe unter wiederholter Zugabe von Toluol, bis dieses ungefärbt abfloß. Der auf dem Trichter verbliebene Rückstand wurde darauf getrocknet und im Mörser zu feinem Pulver zerrieben. Dieses Organpulver, das für jedes Geschlecht den Inhalt mehrerer Puppen darstellte, bildete den Ausgangspunkt für die Versuche. Es wurde ebenso wie das getrocknete Blut über Chlorcalcium aufbewahrt.

Obgleich der frische Puppeninhalt, abgesehen vom Blut einiger, nicht aller Arten, für die Geschlechter keinen Unterschied aufwies, war solches bei dem trockenen Pulver der Fall. *Philosamia cynthia* (in beiden Geschlechtern mit gelbem Blut): das ♂-Pulver ist sehr viel dunkler als das der ♀; *Samia cecropia*: das ♂-Pulver ist beträchtlich dunkler als das der ♀; *Sphinx ligustri*: das ♂-Pulver ist nicht viel dunkler als das der ♀. Für *S. cecropia* war auch die Chitinschale getrocknet und sehr fein pulverisiert. Das ♂-Pulver war dabei dunkler als das vom ♀.

Für Methylenblau kam die Marke medicinalis Höchst von der Firma GRÜBLER zur Anwendung, von der jedesmal eine frische Lösung bereitet wurde. Es wurden in 500 ccm destilliertem Wasser 0,005 g Methylenblau gelöst. In anderen Fällen verdünnte man die Lösung noch einmal (= 0,0025 g).

Dem abgewogenen Puppenpulver wurde im Porzellantiegelchen etwas von der abgemessenen (25 ccm) Methylenblaulösung hinzugefügt und das Pulver zu einem Brei angerührt, der, ohne einen Rest zu hinterlassen, in Fläschchen von 60 bzw. 40 ccm Inhalt kam. Darauf wurde der übrige Teil des Methylenblaus in die Fläschchen gegossen und der noch leere Teil dieser mit Toluol gefüllt, das mit-

hin auf der Methylenblaulösung aufgeschichtet war und von ihr den Luftzutritt fernhielt. Schließlich wurden die Fläschchen verkorkt und gezeichnet.

Die mit dieser Methode angestellten Versuche lieferten folgende Resultate. Bei der Feststellung dieser ist es oft vorteilhaft gewesen, die Fläschchen vor der weißen Glocke einer brennenden Gaslampe zu betrachten; die Unterschiede treten hier deutlicher hervor als bei Tageslicht.

Versuche mit Organpulvern.

1. Pulver von *Ph. cynthia*.

Das Pulver stellt den Puppeninhalt mit Einschluß des Blutes dar. Das frische Blut ist in beiden Geschlechtern gelb.

No. 1.¹⁾ 20. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025; 0,15 g Pulver; 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen von 40 g Inhalt.

2. August. — Alle ♀♀ grün; die ♂♂ fangen an, farblos zu werden.

10. August. — Die ♀♀ sind noch gut grün; die ♂♂ fast entfärbt, haben noch einen grünen Schein.

4. September. — Alle ♀♀ grün; alle ♂♂ vollständig entfärbt.

7. Januar 1915. — Alle ♀♀ sind noch hellgrün.

3. Juni. — Keine weitere Veränderung.

No. 5. 26. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025; 0,2 g Pulver; 5 ♂♂- und 5 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

2. August — Alle ♀♀ noch schön grün; ♂♂ überall ganz oder fast ganz entfärbt.

10. August. — Alle ♀♀ gut grün; alle ♂♂ vollständig entfärbt.

4. September. — Die grüne Farbe der ♀♀ fängt an, eine Mißfarbe anzunehmen.

7. Januar 1915. — Alle ♀♀ sind gleichfalls entfärbt, sie haben aber noch einen grünlichen Schein. Die entfärbten ♂♂ sind bräunlich.

3. Juni. — In sämtlichen (entfärbten) Fläschchen sind die ♂♂ dunkelgelb und bedeutend dunkler als die ♀♀, die blaßgelb sind (mit einem leichten Schein von grün).²⁾

1) Um Irrtümer zu vermeiden, möchte ich sagen, daß sämtliche Versuche mit Methylenblau und Puppen hier aufgeführt sind. Das Zusammenhangslose der Nummern der Versuche kommt daher, daß außerdem Versuche mit andern Farbstoffen und andererseits mit diöcischen Pflanzen angestellt wurden, die hier nicht mitgeteilt sind und in meinen Protokollen die dazwischen liegenden Nummern trugen.

2) Vgl. weiter unten S. 23.

No. 4. 27. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025; 0,2 g Pulver; 3 ♂♂- und 3 ♀♀-Fläschchen von 40 g Inhalt.

2. August. — Zwei ♀♀ blaugrün, ein ♀ grün. Alle ♂♂ gänzlich entfärbt.

10. August. — ♀♀ hellgrün.

4. September. — Alle ♀♀ im Verblassen begriffen.

7. Januar 1915. — Alle ♀♀ ebenfalls fast ganz entfärbt. Sie sind aber noch etwas grünlich.

3. Juni. — ♀♀ noch einen grünlichen Farbenton, blaß gelb; ♂♂ dunkler gelb.¹⁾

No. 6. 28. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005; 0,2 g Pulver; 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

10. August. — ♀♀ gut grün; ♂♂ sehr blaß.

22. August. — ♀♀ gut grün; alle ♂♂ entfärbt.

4. September. — Alle ♀♀ noch schön grün; alle ♂♂ vollständig entfärbt.

7. Januar 1915. — Dasselbe.

3. Juni. — Dasselbe.

No. 3. 23. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005; 0,2 g Pulver; 10 ♂♂- und 5 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

25. Juli. — Alle Fläschchen grün.

10. August. — ♀♀ dunkel grün; ♂♂ ganz blaß grün.

7. Januar 1915. — Alle ♀♀ schön grün; die ♂♂ noch etwas grünlich.

3. Juni. — Dasselbe.

Außerdem waren bei Beginn einige Versuche mit starken Lösungen von Methylenblau von nicht bestimmter Konzentration angestellt. Benutzt waren für die Versuche Pulver von *Ph. cynthia*. Die Entfärbung vollzog sich infolge der Stärke der Methylenlösung sehr langsam, der Unterschied zwischen den ♀♀ und ♂♂ war aber sehr groß.

No. a) 30. Mai 1914. — 50 ccm Methylenblaulösung; 0,4 g Pulver; 1 ♂- und 1 ♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

4. August. — ♀ noch grünlich blau; ♂ hellgrün und ziemlich blaß.

10. Januar 1915. — ♀ noch immer blaugrün; ♂ grünlich-gelblich, fast entfärbt.

3. Juni. — Weitere Veränderungen sind nicht eingetreten.

No. b) 4. Juli 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung; 0,2 g Pulver; 2 ♂♂- und 2 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

1) Vgl. weiter unten S. 23.

4. August. — Wie unter No. a, aber ♀♀ und ♂♂ ein wenig mehr abgeblaßt als unter No. a (4. August).

7. Januar 1915. — Wie unter No. a am 10. Januar.

3. Juni. — Dasselbe.

Obgleich eine vollständige Entfärbung der ♂♂ in No. a und b nicht eingetreten ist, ist der Unterschied zwischen ♀♀ und ♂♂ doch außerordentlich groß, da die ersteren entsprechend weniger reduziert sind und bis zuletzt einen bläulichen Ton bewahrt haben.

Es kamen in den Versuchen mit Puppenpulver von *Ph. cynthia* im ganzen 29 ♂♂- und 24 ♀♀-Fläschchen zur Anwendung, und alle lieferten dasselbe Resultat. Die Reduktion des Methylenblaus war beim ♀ eine geringere. Wenn beim ♀ eine vollständige Reduktion eintrat, so geschah dies sehr viel später als beim ♂ (No. 5 ♂♂ 10. August, ♀♀ 7. Januar; No. 4 ♂♂ 2. August, ♀♀ 7. Januar). Sonst aber bewahrten die ♀♀ eine grüne Farbe, während die ♂♂ entfärbt wurden. In No. a und b trat bei den ♂♂ keine vollständige Entfärbung ein wegen der Stärke der Methylenblaulösung, aber auch die ♀♀ blieben hier auf einer weniger vorgeschrittenen Reduktionsstufe als sonst stehen, da der blaue Ton in ihrer grünen Färbung bis zuletzt nicht gewichen war.

2. Pulver von *S. cecropia*.

Das Pulver stellt den Puppeninhalt mit Einschluß des Blutes dar.

No. 12. 16. Januar 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025; 0,2 g Pulver; 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

29. Januar. — Die Lösung in den ♀♀-Fläschchen ist bläulich-grün, in den ♂♂-Fläschchen gelblich-grün; diese sind bereits stark entfärbt.

20. März. — Die ♀♀-Fläschchen hellgrün; die ♂♂-Fläschchen nur noch wenig grünlich.

3. Juni. — Dasselbe.

3. Pulver von *Saturnia pyri*.

Das Pulver wurde im März 1915 hergestellt. Es stellte den Puppeninhalt einschließlich des Blutes dar. Im frischen Zustand ist das ♀-Blut grün, das ♂-Blut gelb.

No. 13. 24. April 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005; 0,2 g Pulver; 2 ♂♂- und 2 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

25. April. — Die Flüssigkeit ist noch vollkommen trübe, zeigt

aber bereits einen großen Unterschied für die beiden Geschlechter: ♀♀ blaugrün, ♂♂ gelbgrün.

3. Juni. — ♀♀ schön grün, ein wenig bläulich; ♂♂ gelbgrün.

In dem folgenden Versuch wurde der von der Glasplatte abgenommene trockene Puppeninhalt (mit Einschluß des Blutes) im Mörser zerrieben und in diesem Zustande angewandt, d. h. er wurde nicht mit Toluol erschöpft. Er wurde für den Versuch frisch hergestellt.

No. 7. 22. März 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung von 0,005; 0,2 g des getrockneten Puppeninhalts; 7 ♂♂- und 7 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

3. Juni. — ♀♀ noch bläulich-grün; ♂♂ fast gänzlich entfärbt.

4. Pulver von *Sph. ligustri*.

Die Puppen waren vor der Herstellung des Puppenpulvers angestochen worden und entblutet. Das Pulver stellt daher den Puppeninhalt ohne das Blut dar. Im frischen Zustand ist das ♀-Blut grün, das ♂-Blut gelb.

No. 9. 24. August 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005; 0,2 g Pulver; 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

8. September. — Der Unterschied zwischen ♀♀ und ♂♂ fängt an, deutlich zu werden. Alle ♀♀ blaugrün, alle ♂♂ grün.

9. Januar 1915. — Alle ♀♀ blaß bläulich-grün; ♂♂ noch nicht ganz entfärbt.

3. Juni. — Dasselbe.

No. 8. 20. August 1914. — 25 ccm Methylenblaulösung von 0,005; 0,2 g Pulver; 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen von 60 g Inhalt.

8. September. — Wie in No. 9.

9. Januar 1915. — Alle ♀♀ blaß grün (etwas bläulich); alle ♂♂ entfärbt.

3. Juni. — Dasselbe.

Versuche mit getrocknetem Blut.

In der S. 12 angegebenen Weise erhielt man durch Anstechen der Puppen Blut und trocknete dieses. Es muß dabei erwähnt werden, daß das Blut (das wie die Organpulver über Calcium aufbewahrt wurde) für *Ph. cynthia* und *Sph. ligustri* (nicht für *A. pernyi*) ein Jahr alt war.

1. *Ph. cynthia*.

Blut in beiden Geschlechtern gelb.

No. 65. Versuch vom 29./5. 1915 bis zum 15./8. 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung von 0,002; 0,2 g getrocknetes Blut; 1 ♂- und 1 ♀-Fläschchen von 40 g Inhalt. — Resultat: ♀ schön hellblau, ♂ sehr blaß; recht guter Unterschied.

No. 66. Wie bei No. 65, aber nur 0,15 g getrocknetes Blut. — Resultat: derselbe Unterschied, nur ist die Färbung in beiden Geschlechtern etwas blasser als in dem entsprechenden Fläschchen von No. 65.

2. *Sph. ligustri*.

♂ Blut gelb; ♀ Blut grün.

No. 67. Versuch vom 29./5. 1915 bis zum 15./8. 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung von 0,002; 0,2 g getrocknetes Blut; 2 ♂♂- und 2 ♀♀-Fläschchen von 40 g Inhalt. — Resultat: ♀♀ blass bläulich-grün, ♂♂ fast farblos.

Obgleich die Farbentöne in No. 65—67 zart sind, sind die Unterschiede für die beiden Geschlechter stark ausgesprochen und in allen Fällen eindeutig. Die Feststellung der Farbenunterschiede geschah vor der weißen Glocke des Gaslichtes.

3. *Antheraea pernyi*.

Das Blut ist in beiden Geschlechtern gelb; beim ♂ blasser als beim ♀.

Es wurde in diesem Falle frisches Blut von im Sommer im Freien gezogenen Puppen benutzt. Die gereinigten Puppen wurden angestochen. Das Blut wurde in Glasschälchen aufgefangen und bei 35° C bei guter Ventilation getrocknet. Beide Schälchen (♂ und ♀) standen zusammen im Thermostaten.

No. 100. 15. Oktober 1915. — 25 ccm Methylenblaulösung von 0,002; 0,2 g getrocknetes Blut; 3 ♂♂- und 3 ♀♀-Fläschchen von 60 ccm Inhalt.

1. November 1915. — Unterschied ausgeprägt: ♀ grün, ♂ gelblich grün. Von da ab wird ♂ immer gelber und ist nach 14 Tagen fast ganz gelb. Anfangs Dezember 1915 ist der Unterschied etwa gleich dem Unterschiede zwischen dem frisch ausgedrückten Blut der ♂ (gelb) und ♀ (grün) Puppe von *ligustri* oder *pyri*. Das in beiden Geschlechtern gleich gefärbte Blut von *pernyi* hat ein mit

ihm zusammengebrachtes Pigment (Methylenblau) so umgewandelt, daß der geschlechtliche Unterschied des Blutes von *ligustri* oder *pyri* hervorgerufen wurde.

Zusammenfassung.

Für das Organpulver von *Ph. cynthia* kamen 29 ♂♂- und 24 ♀♀-Fläschchen in Anwendung. In drei Versuchen waren 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025 und 0,15 g oder 0,2 g Pulver, in zwei Versuchen 25 ccm Methylenblaulösung 0,005 und 0,2 g Pulver benutzt. Die Versuche führten aber ausnahmslos zu demselben Resultat, indem die Reduktion des Methylenblaus beim ♀ geringer war als beim ♂. In den beiden Fällen, in denen 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025 und 0,2 g Pulver angewandt waren, trat schließlich auch beim ♀ eine vollständige Entfärbung ein, aber 5 Monate später als beim ♂. In dem einen Fall, in dem nur 0,15 g Pulver auf 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025 wirkten, trat nur bei den ♂♂ vollständige Entfärbung ein, während die ♀♀ dauernd hellgrün blieben. Bei 25 ccm Methylenblaulösung 0,005 und 0,2 g Pulver (2 Versuche) blieben die ♀♀ im Gegensatz zu den ♂♂, die farblos wurden, gleichfalls dauernd grün; das Grün war aber dunkler als in dem vorausgehenden Falle. Außerdem waren bei Beginn zwei Versuche mit Pulver von *Ph. cynthia*, aber mit starken Lösungen von Methylenblau von nicht bestimmter Konzentration angestellt. Die Färbung vollzog sich infolge der Stärke der Methylenblaulösung sehr langsam, und die ♂-Fläschchen gelangten auch nicht zu einer vollständigen Entfärbung, der Unterschied zwischen ♀♀ und ♂♂ war aber außerordentlich groß. Während die grüne Farbe der ersteren dauernd einen bläulichen Ton bewahrte, waren die letzteren schließlich sehr blaß, grün-gelblich, fast entfärbt.

Die Versuche mit dem Organpulver der übrigen Arten bestätigen das mit dem Organpulver von *Ph. cynthia* gewonnene Resultat, und zwar wiederum ausnahmslos.

In dem mit Organpulver von *S. cecropia* (25 ccm Methylenblaulösung 0,0025, Pulver 0,2 g 4 ♂♂- und 4 ♀♀-Fläschchen) angestellten Versuch waren schließlich die ♀♀-Fläschchen hellgrün, die ♂♂-Fläschchen nur noch ein wenig grünlich.

Für *Sph. ligustri* waren die Puppen angestochen und entblutet worden, ehe das Organpulver hergestellt wurde, so daß dieses den Puppeninhalt ohne Blut darstellte. In zwei Versuchen mit je 4 ♂♂-

und je 4 ♀♀-Fläschchen wirkten 0,2 g Pulver auf 25 ccm Methylenblaulösung 0,005. Sämtliche ♀♀ waren am Schluß des Versuches blaß bläulich-grün; die ♂♂ in einem Versuch entfärbt und in dem andern nicht gänzlich entfärbt.

Schließlich wurden zwei Versuche mit Organpulver von *Saturnia pyri* angestellt. Hier enthielt das Pulver wieder alle Bestandteile des Puppeninhalts (auch das Blut). In dem ersten Falle (2 ♂♂- und 2 ♀♀-Fläschchen) handelte es sich um 25 ccm Methylenblaulösung 0,005 und 0,2 g Pulver. Bei der letzten Beobachtung waren die ♀♀ schön grün, noch ein wenig bläulich, die ♂♂ gelbgrün. In dem zweiten Falle war der Puppeninhalt mit Einschluß des Blutes getrocknet, aber nicht mit Toluol ausgezogen. Es handelte sich bei ihm um 25 ccm Methylenblaulösung 0,005 und 0,2 g zerriebenen, nicht mit Toluol behandelten Puppeninhalt; 7 ♂♂- und 7 ♀♀-Fläschchen. Bei der letzten Beobachtung waren hier die ♀♀ noch bläulich-grün, die ♂♂ fast gänzlich entfärbt.

Von drei Arten (*Ph. cynthia*, *Sph. ligustri*, *A. pernyi*) war das Blut vom übrigen Puppeninhalt getrennt, allein getrocknet. Solches getrocknete Blut war aber nicht mit Toluol behandelt worden. Obschon in zwei Versuchen das getrocknete Blut ein Jahr alt war, ließ es dennoch den bisher festgestellten Unterschied in der Reduktion von Methylenblau durch das ♂ und das ♀ auf das Beste erkennen. Für das Blut von *Ph. cynthia* waren in einem Versuche 0,2 g und in einem zweiten 0,15 g, für das Blut von *Sph. ligustri* 0,2 g Substanz gebraucht. Die Menge von Methylenblau war überall 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025. Frisch getrocknetes Blut von *A. pernyi* brachte ganz und gar den geschlechtlichen Unterschied hervor (0,2 g Substanz und 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025).

Über die Schnelligkeit der Entfärbung der ♂♂ im Vergleich zu der der Entfärbung der ♀♀ gaben folgende Daten Auskunft.

Ph. cynthia: 25 ccm Methylenblaulösung 0,025, Pulver 0,15 g. Beginn 20. Juli. Am 10. August ♀♀ grün, ♂♂ fast entfärbt. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025, Pulver 0,2 g. Beginn 26. Juli. Am 2. August ♀♀ grün, ♂♂ fast oder ganz entfärbt. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025, Pulver 0,2 g. Beginn 27. Juli. Am 2. August ♀♀ grün, ♂♂ ganz entfärbt. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005, Pulver 0,2 g. Beginn 28. Juli. Am 22. August ♀♀ grün, ♂♂ entfärbt. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005, Pulver 0,2 g. Beginn 23. Juli. Am 10. August ♀♀ dunkelgrün, ♂♂ ganz blaßgrün.

Sph. ligustri: 25 ccm Methylenblaulösung 0,005, Pulver 0,2 g. Beginn 24. August. Am 9. Januar ♀♀ blaß bläulich-grün, ♂♂ noch nicht ganz entfärbt. — 25 ccm Methylenblaulösung 0,005, Pulver 0,2 g. Beginn 20. August. Am 9. Januar ♀♀ blaß bläulich-grün, ♂♂ entfärbt.

S. cecropia: 25 ccm Methylenblaulösung 0,0025, Pulver 0,2 g. Beginn 16. Januar. Am 20. März ♀♀ hellgrün, ♂♂ nur noch wenig grünlich.

Die Durchsicht der Versuche zeigt, daß sie ohne Unterschied dasselbe Resultat geben, d. h. daß überall das Reduktionsvermögen des männlichen Puppenpulvers und auch des männlichen getrockneten Blutes gegenüber Methylenblau größer ist als das des weiblichen Puppenpulvers und Blutes.

Wie die Schmetterlingspuppen scheinen sich gegenüber Methylenblau nach meinen früheren Versuchen auch zweigeschlechtliche Pflanzen (*Lychnis dioica*) zu verhalten. Blätter und zarte Triebe (nicht Blüten) der Pflanze wurden getrocknet und das Pflanzenpulver mit verdünntem Glycerin, dem Fluornatrium zugesetzt war, ausgezogen. Man ließ dann wie bei dem Puppenpulver den Extrakt auf Methylenblaulösung wirken.

Die Reduktion von Methylenblau durch Organismen — sei es durch den Organismus oder durch überlebende Organteile oder durch Bakterien — ist schon oft Gegenstand von Versuchen gewesen. Man hat den Grad der Reduktion des Farbstoffes auch durch Titrieren (mittels Titantrichlorid nach E. KNECHT u. E. HILBERT) bestimmt. Dieses Verfahren ist einigermaßen umständlich und wird da notwendig, wo es sich um mehrere Vergleichsobjekte und einen geringen Grad von Entfärbung des Farbstoffes handelt, was in den vorliegenden Versuchen nicht der Fall ist.

Untersuchung des in den Fläschchen befindlichen Bodensatzes (Organpulvers).

Der aus Organpulver bestehende Bodensatz der verschiedenen Fläschchen zeigte während der Versuche keine ausgesprochene Färbung, höchstens nahm er einen etwas graugrünen Ton an. Er wurde am Schlusse der Versuche mikroskopisch untersucht, um festzustellen, ob es sich um eine wirkliche Entfärbung der Methylenblaulösung oder nur um eine Entziehung des Farbstoffes infolge der Färbung des Organpulvers handelte. Die Untersuchung gab folgende Resultate

1. *Ph. cynthia*. Die Bestandteile des Organpulvers sind nicht gefärbt. Es liegen aber in ihm eingebettet angefärbte Krystalle. Merkwürdigerweise sind diese Prismen in der ♀-Organsubstanz sehr groß, wenig zahlreich und blau oder hellviolett. Die in der ♂-Organsubstanz eingebetteten Prismen sind dagegen sehr klein (die ♀♀-Krystalle sind ihnen gegenüber wahre Riesen), sehr viel zahlreicher, blau oder farblos. Im trockenen, unbenutzten Organpulver sind die Krystalle nicht vorhanden. Sie haben sich erst in den Fläschchen ausgeschieden. Das Methylenblau hat hieran aber keinen Anteil. Dieses hat die Krystalle nur mehr oder minder angefärbt. Denn die Krystalle scheiden sich auch aus, wenn man statt Methylenblaulösung andere Farbstofflösungen (Methylgrün, Malachitgrün) oder destilliertes Wasser anwendet. In beiden Fällen sind sie farblos. Ihrer Form nach stimmen sie aber mit den in der Methylenblaulösung entstandenen ganz und gar überein. Daß es sich um harnsaure Salze handelt, ersieht man daraus, daß sie sich auf Zusatz von Essigsäure lösen und daß darauf Krystalle von Harnsäure ausfallen. Die letzteren liegen dann in der Nähe der ursprünglichen Krystalle oder sitzen den Resten solcher auf. Die Gegenwart der harnsauren Salze ist nicht merkwürdig, da der Puppeninhalt zum größten Teil aus dem Fettkörper besteht. Auch aus dem trockenen, ursprünglichen Organpulver läßt sich durch Zusatz von Essigsäure Harnsäure in Gestalt von kleinen Körnchen, kleinen Nadeln usw. ausfällen (*Ph. cynthia*, *S. cecropia*). Ich glaube nicht, daß es sich in den beiden Geschlechtern um verschiedene harnsaure Salze handelt, sondern daß die Krystalle in den beiden Geschlechtern verschiedenes Aussehen annehmen, weil sie sich in verschiedenen Medien bilden (♂- und ♀-Bodensatz).

2. *Ph. ligustri*. Die Bestandteile des Organpulvers sind ungefärbt. Es kommen in beiden Geschlechtern drei Sorten von Krystallen vor und zwar große und kleine Prismen, beide blau oder violett, und drittens grüne Körperchen, die beim ♀ mehr unregelmäßig, beim ♂ rund sind. Beim ♂ ist die dritte Art von Krystallen zahlreicher als beim ♀.

3. *S. cecropia*. Die Bestandteile des Organpulvers sind ungefärbt. Die Krystalle sind beim ♂ und ♀ rundliche, grüne Körperchen; beim ♂ zahlreicher als beim ♀.

4. *S. pyri*. Dasselbe.

Auch in 2.—4. handelt es sich um harnsaure Salze.

Um sich über die in einem einzelnen Fläschchen vorhandene

Krystallmasse ein Bild zu verschaffen, wurde der Bodensatz (Organpulver) in einigen als Proben dienenden Fläschchen sorgfältig mit destilliertem Wasser ausgewaschen, wobei sich die schweren Krystalle von dem leichteren Organpulver isolieren ließen. Nach diesen Feststellungen glaube ich nicht, daß die Menge der in einem Fläschchen vorhandenen Krystalle genügt, um der Methylenlösung eine nennenswerte Menge von Farbstoff zu entziehen. Ebensowenig kann sie auf die Verschiedenheit in der Entfärbung der ♂♂- und ♀♀-Fläschchen von Einfluß sein.

Wenn nun die Methylenblaulösung durch das auf dem Boden der Fläschchen befindliche Organpulver entfärbt wurde, so mußte sich dabei der Vorgang in folgender Weise vollziehen.

Durch Schütteln mit Luft läßt sich die blaue, blaugrüne oder grüne Farbe in der Flüssigkeit oder in dem Bodensatz nicht wieder herstellen. Man gießt dann aus den Fläschchen das überstehende Toluol ab und trennt die entfärbte Flüssigkeit von dem Bodensatz (*Ph. cynthia*). Darauf setzt man den beiden Teilen Essigsäure zu. Die entfärbte Flüssigkeit bleibt farblos. In dem Bodensatz (Organpulver) stellt aber die Essigsäure den Farbstoff wieder her, zieht ihn aus und wird selbst grün oder grünblau. Daß es sich dabei nicht allein um die Entfärbung der angefärbten Krystalle handelt, geht aus den beim Blut gemachten Beobachtungen hervor. Man erhält auch dasselbe Resultat, wenn man Essigsäure zu dem Bodensatz der Fläschchen hinzufügt, in denen Malachitgrün entfärbt war und in denen die Krystalle farblos geblieben waren. Fügt man ferner den Fläschchen mit entfärbter Methylenblaulösung (*Ph. cynthia*) verdünntes Wasserstoff-superoxyd zu, so wird der Bodensatz nach und nach bläulich-grün, während die Flüssigkeit (verdünntes H_2O_2) farblos bleibt.

Es muß also in den Versuchen das auf dem Boden der Fläschchen befindliche Organpulver den Farbstoff aus der Methylenblaulösung angezogen und gleichzeitig zu einer farblosen Verbindung reduziert haben.

Wie gesagt, werden diese Angaben durch die Befunde bestätigt, welche diejenigen Fläschchen lieferten, in denen die Methylenblaulösung durch getrocknetes Blut (*S. pernyi*) entfärbt wurde. Wenn man in solchen Fläschchen den Bodensatz untersucht, der durch Aufweichen der getrockneten Blutmasse entstanden ist, so bemerkt man zwei verschiedene Bestandteile, nämlich einen feinen Niederschlag und eine schwarze, lederartige Masse, die sich mit der Pinzette oder Nadel leicht zerteilen läßt. Der feine Niederschlag stammt meinem

Dafürhalten nach von den zerfallenen weißen Blutkörperchen, von denen man noch Reste wahrnimmt. Die schwarze lederartige Masse stellt wohl die eigentliche Blutflüssigkeit dar. Am Schlusse der Versuche ist der feine Bodensatz ungefärbt, grau, gelblich. In seiner Masse findet man hier und da ein Splitterchen oder ein Bröckelchen krystallinischer Substanz, die blau angefärbt sind und aus harnsauren Salzen bestehen dürften. Sie sind beim ♂ ein wenig zahlreicher als beim ♀. Die dunkle lederartige Masse ist gleichfalls ungefärbt; außen schwärzlich, im Innern gelblich. Fügt man nun in einem Porzellantiegelchen zu dem feinen Niederschlag oder zu einem Stückchen der dunklen Masse Salz- oder Essigsäure, so färbt sich die Flüssigkeit in dem ersteren Falle grünblau, in dem zweiten blau. Man kann die Entstehung der blauen Farbe in der Flüssigkeit auch unter dem Deckglas um die Stücke herum beobachten. Die Färbung der Flüssigkeit läßt sich unterdrücken, wenn man zur Flüssigkeit ein Stückchen der stark reduzierenden Substanz Rongalit (UNNA) hinzufügt oder unreine Salzsäure benutzt, die auch eine schwache Lösung von Methylenblau sofort entfärbt.

Man sieht demnach, daß es sich bei der Entfärbung der Methylenblaulösung in den Fläschchen nicht um ein Ausziehen des Farbstoffes durch Färbung, sondern um eine chemische Reduktion des Farbstoffes durch das auf dem Boden befindliche Organpulver oder getrocknete Blut handelte und daß diese Reduktion nach dem Geschlecht verschieden ausfiel, stärker beim ♂ und schwächer beim ♀.

Übereinstimmend sind die für beide Geschlechter verschiedenen Farbentöne der gänzlich entfärbten Methylenblaulösung. Die ♀-Flüssigkeit ist gänzlich blaß gelblich, die ♂-Flüssigkeit ist dunkler gelb, etwas bräunlich. Diese Farbentöne ändern sich später nicht mehr.

Wenn man anstatt Methylenblau Malachitgrün anwandte und die Flüssigkeit sich vollständig entfärben ließ, erhielt man die gleichen Farbentöne, für manche Arten noch stärkere Unterschiede. Auch hier veränderten sich diese Farbentöne später nicht mehr. Es seien folgende Versuche mitgeteilt.

Malachitgrün. *S. pyri*. Malachitgrün 0,005 g gelöst, hier wie in den folgenden Fällen in 500 ccm destilliertem Wasser. Hier wie in den folgenden Versuchen wurden 25 ccm Farbstofflösung benutzt. Pulver 0,2 g. Die entfärbte Flüssigkeit ist beim ♂ bräunlich gelb, beim ♀ hellgelb. — *Ph. cynthia*. 1. Malachitgrün 0,01 g, Pulver 0,2 g.

2. Malachitgrün 0,005 g, Pulver 0,2 g. Resultat dasselbe. — *S. cecropia*. Malachitgrün 0,005 g, Pulver 0,2 g. Der Unterschied ist denen der vorigen Fälle gleichartig, die Farbtöne sind aber sehr viel blasser. — *Sph. ligustri*. Malachitgrün 0,005 g, Pulver 0,2 g. Dasselbe Resultat, aber sehr blasse Farbtöne. ♂ noch ziemlich gelblich, ♀ fast farblos.

Den gleichen Unterschied konnte man bei völlig entfärbtem Methylviolett (Methylviolett 0,005 g, Pulver 0,2 g) wahrnehmen, wensschon die Farbtöne ganz blaß waren. Für „Violamin“¹⁾ (nicht zu schwache Lösung) kam getrocknetes Blut (nach dem obigen Verfahren getrocknet) von *Ph. cynthia* (0,2 g und 0,15 g) zur Anwendung. Die vollständig entfärbte Flüssigkeit des ♂ war gelblich braun, die des ♀ hellgelb.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1.

Zwei Fläschchen mit veränderter bzw. entfärbter Lösung von Methylenblau.
a Kork. b Toluol. c Lösung von Methylenblau. d Organpulver.

Fig. 1 (grün). Fläschchen mit weiblichem Organpulver.

Fig. 2 (gelb). Fläschchen mit männlichem Organpulver.

Tafel 2.

Krystalle im Organpulver von *Philosamia cynthia*, die sich in den Fläschchen mit Methylenblaulösung gebildet haben.

Fig. 3. Krystalle in dem männlichen Organpulver (kleine Krystalle).

Fig. 4. Krystalle in dem weiblichen Organpulver (große Krystalle).

1) = Tetramethylparaphenylendiaminchlorid (J. GRÜSS).

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Studien am Skelet der Echinodermen.

Von

Ernst Merker.*)

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Gießen.)

Mit 15 Abbildungen im Text.

- A. Einleitung und Inhaltsübersicht.
- B. Über das spezifische Gewicht des Calciumcarbonats im Echinodermenskelet.
- C. Die Brechungsindices des krystallinen Calciumcarbonats der Echinodermenskelete.
- D. Die Lage der optischen Achse im Skelet der Echinodermen.
- E. Der Farbstoff im Skelet der Echiniden.

A. Einleitung und Inhaltsübersicht.

Sowohl die mikroskopischen Kalkkörper als auch die großen Skeletstücke der Echinodermen sind durchaus krystalliner Natur. Trotzdem ist es völlig unmöglich, ihre Form auf die krystalline Gestaltbildung zurückzuführen. Der tierische Organismus vermag in den aus amorpher Kieselsäure bestehenden Skeleten der Radiolarien und Glasschwämme ganz ähnliche Formen zu erzeugen wie mit dem Kalkspat der Echinodermen- und Kalkschwamm-Spicula. Dazu kommt, daß die Flächen der Kalkkörper so kompliziert gekrümmt sind, daß sie auch mit den in kolloiden Medien entstehenden krummflächigen

*) Die rechtzeitige Veröffentlichung dieser Untersuchungen ist durch den gegenwärtigen Krieg verhindert worden; die Arbeit erscheint nun um nahezu zwei Jahre verspätet.

Krystallen nicht auf eine Stufe zu stellen sind. Das wichtigste aber ist, daß die Form der komplizierteren Kalkgebilde aufs genaueste einer besonderen Aufgabe im Organismus angepaßt ist und daher von biologischen Faktoren ebenso beeinflußt wird wie jeder andere organische Fortbildungsprozeß. In der Tat haben die Untersuchungen von BECHER (1911) gezeigt, daß die Entstehung der Spicula sogar eine komplizierte gegenseitige Korrelation erkennen läßt und genau so auf einem Zusammenwirken selbständiger, erblicher Tendenzen und korrelativer Auslösungsprozesse beruht wie die Formbildungen an lebendigem Zellmaterial.

Auch die feinere Struktur der größeren Skeletelemente der Echinodermen hat mit dem Krystallcharakter des Materials gar nichts zu tun. Gerade die im Gießener Zoologischen Institut angestellten Untersuchungen über die Gerüststruktur des Echinodermenskelets von ERWIN BECHER haben gezeigt, daß dieselbe der mechanischen Inanspruchnahme entspricht und nicht irgendwelchen krystallinischen Wachstumstendenzen (vgl. S. BECHER, 1914).

Aber gerade diese entwicklungsphysiologische oder ökologische Seite des Echinodermenskelets ließ anderseits doch eine genaue Untersuchung des Skeletmaterials als Ergänzung wünschenswert erscheinen. Wenn die Formbildung auch nicht auf die Krystallnatur zurückgeführt werden kann, so bietet dieselbe doch bei organischen Skeletgebilden ihre besonderen Probleme dar. Die Scheidung der Krystallmoleküle geschieht im lebendigen Plasma, das offenbar nicht nur die rein krystallinischen Wachstumstendenzen überwindet, sondern auch in anderer Hinsicht ganz besondere Verhältnisse für die Krystallisation darbietet.

Herr Prof. Dr. SPENGEL empfahl mir eine Durcharbeitung dieser Seite des Skeletproblems, für die mich Herr Dr. BECHER interessiert hatte.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, beiden Herren meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen, für das Interesse einerseits, das sie an meinen Arbeiten genommen haben, dann aber auch für die Unterstützung, die mir namentlich durch Herrn Dr. BECHER zuteil geworden ist.

Das Ziel meiner Untersuchungen bestand also im wesentlichen darin, zu prüfen, inwieweit sich in dem Skelet, abgesehen von seiner Form, Spuren seines besonderen organischen Ursprungs nachweisen ließen.

Es lagen schon Angaben über einige Abweichungen des organis-

mischen Kalkspates vom rein minerogenen vor, besonders solche, die das spezifische Gewicht betreffen. Ich habe daher erneute genaue spezifische Gewichtsbestimmungen ausgeführt und unzweifelhaft festgestellt, daß der Wert dieser Größe beim organismischen Kalkspat herabgesetzt ist.

Nun lag der Schluß nahe, daß diese geringe Dichte auch in den physikalischen Eigenschaften eine korrespondierende Änderung mit sich bringen konnte. Ich prüfte daher die Brechungsindices der Echinodermen-Skeletelemente, zumal das auch für die optischen Untersuchungen Dr. BECHER's wünschenswert erschien. Nachdem es uns gelungen war, eine besondere Methode dafür auszuarbeiten, mit der wir die Schwierigkeiten überwinden konnten, die mit der Gerüststruktur verbunden waren, kamen wir zu sehr gut übereinstimmenden Messungen, die alle unsere Vermutungen bestätigten. Dem geringeren spezifischen Gewicht entsprach ein heruntergesetzter Brechungsindex. Eine genaue Diskussion zeigt, daß diese Verminderungen nicht auf den Gehalt des organismischen Kalkspates an stets vorhandenen anderen mineralischen Bestandteilen geschoben werden können, sondern zweifellos auf dem Vorhandensein von organischer Substanz und dem damit verbundenen Wasser beruhen müssen.

Damit steht das Ergebnis einer anderen Seite meiner Untersuchungen im Einklang. Ich habe versucht, Aufklärung über die Natur der im Skelet der Echiniden vorhandenen Färbung zu erhalten, die von bereits bekannten Pigmenten der Weichteile scharf zu unterscheiden ist. Es fragt sich, ob diese Färbung des krystallinen Skelets mit den Farben der Mischkrystalle oder mit den chemisch nicht nachweisbaren diluten Färbungen der Edelsteine oder etwa der Tönung des blauen Steinsalzes vergleichbar ist. Meine Untersuchungen haben ergeben, daß die Pigmentierung der Echinidenkalkstücke weniger an die übliche Färbung der Mineralien erinnert, als vielmehr auch auf den organischen Bildungsherd des Skelets hinweist. Die Färbung beruht tatsächlich auf einem wirklichen und zwar organischen Farbstoff, der trotz der verschiedenen Modifikationen und Tönungen von blau, grün und rot ziemlich einheitlicher Natur zu sein scheint und von mir Calceochrom genannt worden ist.

Auch die Abweichungen von der einheitlichen Krystallnatur der Echinodermen-Skeletelemente, die infolge mechanischer Inanspruchnahme als Unregelmäßigkeiten der Auslöschung im polarisierten Licht auftreten, sind in den Kreis unserer Betrachtungen einbezogen

worden. Die Resultate hiervon sollen aber an anderer Stelle mitgeteilt werden.

Es ist oben von uns großer Nachdruck auf die Tatsache gelegt worden, daß die Formbildung des Skelets unabhängig von den krystallinischen Kräften im Kalkspat ist. Die organische Formbildung ist zum mindesten der souveräne, übergeordnete Vorgang, der auf die Krystallachsen keine Rücksicht zu nehmen braucht. Nun ist es aber von großem Interesse, ob nicht umgekehrt die Lage der optischen Achse in den einzelnen Skeletelementen von ihrer Form abhängig ist. Das erscheint paradox, weil die Form erst entsteht, wenn die optische Achse bereits in der ersten Kalkablagerung festgelegt sein muß. Aber es könnte dennoch möglich sein, daß die Lage der Achse eine gewisse Rücksichtnahme auf die spätere Gestalt des Skeletstückes zeigte. Hier braucht keine notwendige kausale Verkettung vorzuliegen, sondern es kann sich mehr um eine nebenbei eingehaltene Regel handeln. Das ist nun auch tatsächlich der Fall. Schon ältere Autoren haben den Versuch unternommen, die morphologische Achse des Tieres in Einklang und Übereinstimmung mit der Krystallachse des Skelets zu bringen. So prinzipiell und einheitlich läßt sich aber dieser Parallelismus nicht durchführen. Für manche Spicula ist eine feste Lage der optischen Achse zu der Gestalt kaum nachzuweisen. Bei vor einigen Jahren angestellten Versuchen konnte S. BECHER z. B. an den Ankern der Synaptiden (die sich nur schwer genau orientieren lassen) noch zu keinem Resultat kommen. Doch fand er bald darauf die merkwürdige Tatsache, daß bei den Rädchen von *Myriotrochus* die Achse immer senkrecht zur Radebene steht. Das gab die Veranlassung, auch größere Skeletelemente daraufhin zu untersuchen, obwohl bei diesen durch Änderung der Form beim Wachstum eine mathematisch exakte Beziehung der Konfiguration zu der schon im Anfang festgelegten optischen Achse nicht erwartet werden kann (vgl. S. BECHER, 1914).

Trotzdem läßt sich auch dann noch eine Beziehung feststellen. Hierin liegt ein hochinteressantes Problem verborgen: werden die ersten Moleküle des krystallinischen Kalkspates vom Plasma „erfaßt“ und in die irgendwie vorbestimmte Richtung der späteren Skeletform eingestellt, oder bestehen in dem skeletproduzierenden Plasma Spannungen, durch die die Krystallmoleküle orientiert werden, wie etwa die Eisteilchen in der Eisdecke eines Sees? Beide Möglichkeiten, sowohl die biologische wie die mehr mineralogische, wären

bedeutungsvoll. Sie waren der Ansporn, wenigstens auf breiter Basis in allen Gruppen der Echinodermen die Beziehungen der optischen Achse zu all den Skeletgestalten genauer zu untersuchen.

Die bei den folgenden Untersuchungen benutzten Skeletstücke sind vorher gründlich von der sie völlig durchsetzenden organischen Substanz gereinigt worden. Sie wurden zu diesem Zwecke am besten in Eau de Javelle gekocht und so lange in der öfters erneuerten Flüssigkeit belassen, bis keine Spuren der organischen Substanz mehr übrig geblieben waren und die Skeletteile sich durch ihre blendende Weiße auszeichneten. In besonders hartnäckigen Fällen konnte leicht eine Lösung der anhängenden organischen Reste erzielt werden, wenn dem Eau de Javelle einige Stückchen festes Alkali zugefügt wurden. Die Anwendung der reinen Kali- oder Natronlauge ist dagegen sehr eingeschränkt worden, weil einmal nicht die schöne Sauberkeit der Kalkstückchen zu erzielen war wie mit Eau de Javelle und besonders, weil die Kalkstücke — zumal bei längerem Verweilen — in Kali- oder Natronlauge sehr kräftig zersetzt werden. An allen daraufhin untersuchten Schliften konnte festgestellt werden, daß bei der von uns gewählten Behandlung mit Eau de Javelle aus sämtlichen Poren die organische Substanz verschwunden war.

Zur Anfertigung der Schliffe ist die sog. Versteinerungsmethode angewendet worden. Die Kalkstücke wurden in Canadabalsam eingeschlossen, nach dem Hartwerden zuerst auf künstlichen Rubinitsteinen angeschliffen und schließlich auf einem feinen belgischen Schleifsteine fertig gestellt. Anfänglich ist als Schleifmittel Cedernöl benutzt worden. Da sich aber herausgestellt hatte, daß es den Canadabalsam etwas auflöst und schmierig macht, wurde an seiner Statt dem Terpeneol der Vorzug gegeben. Als in mancher Beziehung viel geeigneteres Einschlußmittel hat sich der sogenannte ungelöste Kollolith der Firma VOIGT u. HOCHGESANG erwiesen. Seine größere Zähigkeit, die größere Dünnschmelzbarkeit in der Wärme und die relative Unempfindlichkeit auch bei längerem und öfterem Erhitzen waren geeignet, den Canadabalsam bei diesen Arbeiten zu verdrängen.

Beim Schleifen zusammengesetzter Teile, die in ihrer gegenseitigen Lage bleiben mußten, machte es große Schwierigkeiten, den Schleifschlamm herauszubringen, der sich gerade bei optischen Untersuchungen so störend erwies. Zuletzt gelang das am besten folgendermaßen. Die Objektträger wurden mit den Schliften nach unten in ein passendes Gefäß mit Terpeneol gebracht und auf ent-

sprechende Holzstückchen gelegt, um vor Berührung mit dem Boden des Gefäßes geschützt zu sein. Bei längerem Verweilen in dieser Lage sanken dann die Schleifpartikel, der Schwere folgend, zu Boden; unterstützt wurde diese Art der Reinigung durch Auf- und Abbewegen des Objektträgers oder durch spülende Bewegung des ganzen Gefäßes. Eine leichte Erwärmung des Terpeneols bewirkt eine größere Dünflüssigkeit und fördert dadurch das Ausspülen der Schleife sehr. Terpeneol löst den Kollolith etwas, so daß es bei zu langem Verweilen der Schleife in dieser Flüssigkeit doch zum Ablösen der dünnen Lamellen kommen kann.

Die Schleife aus einem Stück konnten durch Auskochen in Chloroform ausgezeichnet gereinigt werden.

B. Über das spezifische Gewicht des Calciumcarbonats im Echinodermenskelet.

Einige wenige spezifische Gewichtsbestimmungen von Echinodermenskeletstücken sind schon von KELLY, ausgedehntere von BÜTSCHLI ausgeführt worden. Ich habe neue eigene Bestimmungen durchgeführt, weil ich von neuen Fragestellungen ausging und die Resultate zum Vergleich mit meinen optischen Ergebnissen brauchte. Mit BÜTSCHLI's Werten stimmen die meinigen gut überein.

Das Resultat, worauf ich den größten Wert lege, besteht darin, daß der organismische Echinodermenkalkspat stets geringeres spezifisches Gewicht besitzt als der minerogene, für den GOLDSCHMIDT den Durchschnittswert 2,714 fand. Ähnlich dem minerogenen verhält sich der Kalkspat fossilisierter Echinodermen-Skeletstücke, deren Poren bekanntlich durch minerogenen Calcit ausgefüllt wurden. Für fossile *Cidaris*-Stacheln gibt KELLY (p. 469) 2,7 an, für rezente *Echinus*-Stacheln 2,6. Trotz der Ungenauigkeit dieser Angaben ist der Unterschied zwischen beiden wesentlich. Bei den fossilisierten Stücken wird einerseits der neue minerogene Kalkspat die Zunahme veranlassen, vielleicht erfährt aber auch das ursprünglich organisch gebildete Gerüstwerk eine Umwandlung, wobei dessen Kalkspat dem minerogenen ähnlicher gemacht wird.¹⁾

Die hier folgenden Bestimmungen wurden mit der Pyknometer-

1) Schon der Verlust jeglicher Färbung der fossilisierten Stücke zeigt eine tiefgreifende Umwandlung an; denn bei rezenten Stücken ist die Farbe ohne Zerstörung der Skeletteile nicht zu entfernen. Doch bleibt, wie schon HAIDINGER zeigte, das ursprüngliche Gerüst im fossilen Echinodermenskeletstück deutlich erhalten.

methode gewonnen, ähnlich wie sie BÜTSCHLI in seiner zitierten Arbeit beschrieben hat. Im Gegensatz zu BÜTSCHLI haben wir die Skeletsubstanz nur bis auf Erbsengröße zerbrochen, nicht aber pulverisiert. Nur ein Teil des Kalkspatpulvers sinkt im Wasser, der andere Teil schwimmt, von der Oberflächenspannung getragen, so leicht auf dem Wasser des Pyknometers, daß dadurch Ungenauigkeiten entstehen. Der schwimmende Staub ist nur schwer zum Sinken zu bringen. Versucht man ihn mit einem Glasstab niederzustoßen, so setzen sich Körnchen an den Stab an, und kleine Verluste sind unvermeidlich. Größere Stücke hingegen sinken von selbst.

Die zu untersuchenden Skeletstücke sind bei 105° getrocknet worden, nachdem in der schon erwähnten Weise die organische Substanz zwischen den Maschen herausgelöst worden war. Bei der Durchträngung einer im Pyknometer trocken abgewogenen Menge des Kalkes mit Wasser war es vor allem nötig, für ein vollständiges Austreiben der Luft aus allen Poren zu sorgen. Zu diesem Zwecke wurde das mit Substanz und destilliertem Wasser beschickte Pyknometer auf dem Wasserbad bis auf nahezu 100° erhitzt und darauf der Inhalt einem gründlichen Siedeprozess in einem evakuierten Exsikkator unterworfen. Die entstehenden Wasserdampfblasen wühlten und rührten die ganze Masse der Kalkstücke ständig durcheinander und beförderten so das Abtrennen und Aufsteigen der Luftblasen, die in immer größerer Anzahl bei der stets fortschreitenden Verminderung des Druckes im Exsikkator aus den Poren der Kalkstücke hervorquollen. Dieser Prozess wurde mehrmals wiederholt, da er wegen des zu stürmischen Kochens und der damit verbundenen Gefahr des Überschäumens der Flüssigkeit und Herausgeschleudertwerdens von Kalkteilchen öfters unterbrochen werden mußte, ehe alle Luft entwichen war. Erst nachdem die Luft vollkommen ausgetrieben schien, wurde das Kochen ruhiger. Auch am Durchscheinendwerden der Skeletstücke sah man, daß sie keine Luft mehr enthielten. Um aber völlig sicher zu sein, wurde noch eine Zeitlang weiter Luft abgesaugt und an den aufsteigenden Gasblasen die Probe gemacht, ob sie auch wirklich nur Wasserdampf enthielten. Dies konnte dadurch festgestellt werden, daß eine Anzahl von ihnen nicht die Wasseroberfläche erreichten und zerplatzten, sondern an der Wandung des Pyknometers noch im Wasser hängen blieben. Bei der ständig weitergetriebenen Verdünnung der Luft im Exsikkator wurden sie ständig größer und größer; umgekehrt wurde aber ihr Volumen beim Einlassen von Luft in den ausgepumpten

Exsikkator stetig kleiner, sie schrumpften schließlich so weit zusammen, bis nichts mehr von ihnen nachzuweisen war: der sie erfüllende reine Wasserdampf hatte sich bei dem zunehmenden Druck kondensiert. Überdies löst sich dabei ein ganz geringer Luftgehalt einer solchen Dampfblase in dem ausgekochten und luftfreien Wasser auf.

War der Punkt der Entlüftung erreicht, was an den Gasblasen festgestellt werden konnte, daß sie Luft nicht mehr enthielten, so wurde das gefüllte Pyknometer im Vakuum noch längere Zeit belassen, gewöhnlich 2—3 Stunden, da es sich herausgestellt hatte, daß diese Frist genügte, um ein endgültiges Resultat zu erhalten. Das Ausdehnen der Zeit im Vakuum auf 1—2 Tage hatte keinen ändernden Einfluß auf das Ergebnis. Nach dieser Ruhe war das Pyknometer mit seinem Inhalt bis auf Zimmertemperatur abgekühlt, und nun wurde von neuem evakuiert. Die benutzte Wasserstrahlpumpe gestattete ein Herabmindern des Druckes im Exsikkator auf 8—11 mm Quecksilbersäule. Da das ausgekochte und ruhig abgekühlte Wasser im Pyknometer nun außerordentlich schwer zum Sieden zu bringen war, konnte man die Pumpe in ihrer vollen Leistungsfähigkeit wirken lassen, ohne daß die Evakuierung wegen zu stürmischen Siedens des Wassers und der damit möglicherweise verbundenen Substanzverluste unterbrochen werden mußte. Durch dieses Verfahren wäre wohl auch noch die geringste Luftmenge ausgetrieben worden, die vom Wasser ungelöst im Kalkgewebe zurückgeblieben war. Eine Überlegung zeigt, daß die Erhitzung der Luft auf 100° bei weitem nicht so expansiv wirkt wie eine Verminderung des Druckes auf 8—11 mm Quecksilber: erhitzt man auf 100° , so dehnt sich die Luft in den Poren des Kalkgerüsts nur um $\frac{100}{273}$, also um rund $\frac{2}{5}$ des ursprünglichen Volumens, aus. Evakuiert man aber, soweit die Pumpe das erlaubt, auf etwa 10 mm, so ist der Druck von 760 mm auf $\frac{1}{76}$ gesunken, das Volumen also 76mal größer geworden.

Bei einer solchen Druckverminderung zeigten sich an keiner Stelle mehr Gasblasen im Pyknometer, deren Inhalt beim Zunehmen des Luftdruckes sich nicht kondensierte. Unbemerkt zurückgebliebene Luft würde in der Rechnung als Kalkspatvolumen figurieren, den Wert des spezifischen Gewichts also herabgesetzt haben. Diesen Fehler glauben wir durch das geschilderte sorgfältige Verfahren völlig ausgeschlossen zu haben.

Die Untersuchungen über das spezifische Gewicht sind mit der

gütigen Erlaubnis des Herrn Geheimrat Prof. Dr. NAUMANN im Chemischen Institut hier ausgeführt worden. Ich gestatte mir an dieser Stelle für die Erlaubnis bestens zu danken. Dabei darf ich aber nicht versäumen der weitgehenden Unterstützung dankbar zu gedenken, die mir durch das Entgegenkommen des Herrn Privatdoz. Dr. BESCHKE zuteil geworden ist.

Tabelle der spezifischen Gewichte einiger
Echinodermenskelete.

	Eigene Resultate	Resultate fremder Autoren	Differenz zwischen dem minerogenen Kalkspat ¹⁾	
<i>Antedon eschrichtii</i>	2,5987	—	0,115	Pyknometer
<i>Antedon rosacea</i>	2,6182	—	0,096	"
<i>Metacrinus acutus</i>	2,6421	—	0,072	"
<i>Asteropecten aurantiacus</i>	2,6399	—	0,080	"
<i>Asterias rubens</i>	2,6475	—	0,066	"
<i>Ophiomyxa</i>	2,5929	—	0,121	"
<i>Echinus esculentus</i>				
Kanapparat ohne Zähne	2,6295	—	0,085	"
Amb.- u. Interamb.- platten	2,6349	—	0,079	"
weiße und rote Schicht	—	2,614	0,100	BÜTSCHLI, Pyknom.
weiße Schicht allein	—	2,628	0,086	"
<i>Echinus</i> sp.	—	2,6	—	KELLY, Suspensions- methode
<i>Cidaris</i> sp., Stachel	—	2,556	0,158	HAIDINGER, 1853, Wägung in Wasser
<i>Strongylocentrotus lividus</i> , Platten	2,6275	—	0,087	Pyknometer
<i>Cucumaria planci</i> BRDT.	—	2,677	0,037	BÜTSCHLI, Pyknom.
<i>Stichopus regalis</i> CUV.	—	2,620	0,094	"

Zuerst sind nun in obiger Tabelle geordnet die Resultate der vorbeschriebenen Untersuchungen sowie die Differenz gegenüber mineralischem Kalkspat angegeben. Bei ihrer Berechnung ist die jeweils neu abgelesene Temperatur der Umgebung genau berücksichtigt worden, da es sich herausgestellt hatte, daß immerhin Schwankungen zwischen den einzelnen Wägungen zu verzeichnen

1) Der minerogene Kalkspat hat nach GOLDSCHMIDT die Durchschnittsdichte von $d = 2,714$ (aus DÖLTER, Handbuch der Mineralchemie).

waren, die von nennenswertem Einfluß auf das Endresultat gewesen wären. Neben diesen Ergebnissen sind auch die betreffenden anderen Autoren zum Vergleich mit angegeben worden. Da mir nicht alle Originalarbeiten zur Verfügung gestanden haben, sind sie zum Teil einer Tabelle aus der erwähnten Arbeit (1907) BÜTSCHLI's entnommen.

An den angeführten Werten fällt der durchgehend vorhandene recht beträchtliche Unterschied auf, den sie dem des mineralogenen Kalkspates gegenüber aufweisen. Das spezifische Gewicht des organischen Kalkes ist um 0,0665—0,1211 geringer als der normale Wert, der mit 2,714 (nach GOLDSCHMIDT) in Rechnung gesetzt ist. Es fragt sich, worauf das beruht. — Allgemein wäre darauf zu antworten, daß die Kalkspicula der Schwämme sowohl als auch der Echinodermenskelete nicht aus völlig reinem kohlensaurem Kalk bestehen. Für die Kalkspicula hat schon v. EBNER (1894) nachweisen können, „daß die Nadeln keineswegs aus reinem kohlensaurem Kalke in Form des Kalkspates bestehen, obwohl sie demselben in krystallographischer Beziehung sehr ähnlich sind, sondern daß der Nadelsubstanz auch beträchtliche Mengen von anderen unorganischen Bestandteilen, unter welchen Natrium, Magnesium und Schwefelsäure nachgewiesen sind, und wahrscheinlich auch Wasser beigemischt seien“. Diese Beimengungen können aber nicht als dem CaCO_3 isomorphe Salze angesehen werden. Daher hält es EBNER für viel näher liegend, „die Kalkschwammnadeln als Mischkrystalle zu betrachten und sich vorzustellen, daß die beigemischten Salze, ohne irgendwelche durch Isomorphie gegebene Beziehungen deshalb in den molecularen Aufbau des Kalkspates hineingezogen werden, weil sie mit diesem gleichzeitig ausgeschieden werden“ (l. c., p. 132). Nach BRÜGELMANN ist ja die gleichzeitige Ausscheidung zweier Salze die notwendige Bedingung für das Entstehen eines Mischkrystalls. Da es nun EBNER nicht gelungen ist, irgendwelche organische Substanz in den Kalknadeln nachzuweisen, so können nur die anorganischen Beimengungen an den Eigenschaften schuld sein, die die Schwammspicula von dem mineralischen Calcit unterscheiden. Von ihnen nennt er die unvollkommene Spaltbarkeit, die Löslichkeit in Alkalien, das Dekrepitieren und das Auftreten von Gasbläschen im Innern der Substanz beim Erhitzen, endlich auch das geringere spezifische Gewicht (p. 132). Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kommt v. EBNER auch in bezug auf die Echinodermenskelete. „Beim Glühen verhalten sich die Stacheln und Kalknetze von Echinodermen ganz wie Schwammnadeln; sie bräunen sich, es treten Gasbläschen im

Innern auf und schließlich zerstäuben sie in feine Plättchen.“ „Wahrscheinlich ist allgemein auch bei den Echinodermen ebenso wenig eine organische Substanz dem Kalke beigemischt, als bei den Kalkschwämmen“ (p. 142). v. EBNER hat jedoch nicht sehr umfangreiche Untersuchungen an den Skeleten dieser Tiere angestellt und will daher seine Angabe nur mit Reserve aufgenommen wissen. Die späteren Arbeiten anderer Forscher haben indessen dargetan, daß ein Teil der Eigenschaften der Kalknadeln, denen v. EBNER noch typisch unterscheidende Bedeutung für kalkige Skeletbildungen beilegt, diese in Wirklichkeit gar nicht besitzen. Sie waren auch am Kalkspat zu beobachten, und umgekehrt zeigten sich auch weitere Kalkspateigenschaften an den Kalknadeln. Es kann sich dabei höchstens um graduelle Unterschiede handeln. So schreibt WEINSCHENK (1905, p. 583): „Wenn man die verhältnismäßig große Festigkeit der äußerst dünnen und zum Teil recht langen Nadeln der Kalkschwämme mit der Zerbrechlichkeit dünner Kalkspatprismen vergleicht, so muß man von vornherein auf die Ansicht einer viel geringer ausgebildeten Spaltbarkeit des organischen Materials kommen. Andererseits aber zeigte die mikroskopische Untersuchung zerbrochener Schwammnadeln, daß die Bruchflächen ebenso geradflächig verlaufen wie im Kalkspat selbst und daß sie ebenso vollkommen das Licht reflektieren, so daß daraus auf eine ganz vollkommene Spaltbarkeit geschlossen werden muß.“ Ebenso äußert sich auch MAAS (1904, p. 195). Diese beiden Forscher ziehen daraus und aus anderen Erscheinungen den Schluß, daß die Ursache der größeren Festigkeit in der innigen Durchflechtung des Kalkspates mit feinst verteiltem organischen Material zu suchen sei. Insbesondere nach MAAS wären die Kalknadeln, obwohl sie sich optisch und mineralogisch wie Calcit verhalten, dennoch als aus winzigen rhomboedrischen Krystallelementen aufgebaut zu betrachten, die durch zwischengelagerte eiweißartige Substanz zusammengehalten werden. Hierdurch wird man in gewissem Sinne an die hypothetischen „molécules intégrantes“, die Primitivkörper R. J. HAUY's, erinnert, aus denen man sich Ende des 18. Jahrhunderts die Krystalle allgemein zusammengesetzt dachte. MAAS glaubt aus einer großen Reihe von Versuchen übereinstimmend gefunden zu haben, daß bei Einwirkung von Alkaliläugen auf die Kalknadeln „wohl die einheitliche Beschaffenheit der Nadel als Ganzes, als organisches Gebilde, eine Veränderung erfährt, nicht aber ihr mineralischer Bestand dabei angegriffen wird“ (1904, p. 196). Die Lauge frißt die Nadel unter Erhaltung einer Scheide vom Rande her

an, und ihre Wirkung läßt sich eigentlich nur daran erkennen, daß an Stelle des einheitlich auslöschenden Spiculums eine große Zahl beliebig orientierter Kalkspatrhomboeder zu sehen sind. „Man kann sonach weniger von einer ‚Auflösung‘ der Nadel als von einer Desaggregation ihrer einzelnen Bestandtheilchen reden, die vorher kristallographisch orientiert zusammenlagen und offenbar durch eine von der Lauge angreifbare Substanz zusammen gehalten wurden“ (p. 196).

„Die Annahme einer solchen Substanz auch innerhalb der Nadel hindert nicht daran, die letztere als einheitliches Kalkspatindividuum zu betrachten, wie es nach der optischen Untersuchung zweifellos ist. Auch sonst kommt in der Natur der Kalkspat mit beträchtlichen fremden Beimengungen vor, ohne daß diese seine Kristallisationsfähigkeit und Form stören. Ja es gibt sogar Kalkspate, die mehr fremde Substanz (60% und mehr Quarz) aufweisen, als eigene, und dennoch in den schönsten großen Rhomboëderformen auskristallisiert sind“ (l. c., p. 197). Nach WEINSCHENCK (p. 583) kann somit gesagt werden, daß die Gesamtheit der scheinbaren Abweichungen der Kalknadeln gegenüber vom Kalkspat, welche EBNER konstatieren konnte, insgesamt auf das Vorhandensein eines feinen, zellartigen, organischen Gewebes in den Kalknadeln hinweist, ja daß diese Erscheinungen anders überhaupt nicht erklärbar sind.“

Mir persönlich scheint mindestens das Bild, das sich MAAS vom Aufbau der Kalknadeln macht, bedenklich, denn man fragt sich, wie die molekularen Krystallisationskräfte auf die kleinen Kalkspatrhomboeder kräftigen ordnenden Einfluß haben können, wenn diese doch völlig voneinander getrennt ein jeder in seiner Eiweißwabe sitzen. Diese Theorie machte meiner Meinung die Annahme so vieler, voneinander unabhängigen Krystallisationszentren nötig, als Rhomboederchen vorhanden sind. Damit würde aber die krystalline Einheit der Gesamtpicula in Frage gestellt. Am entschiedensten hat BÜTSCHLI der vorgetragenen Ansicht von MAAS und WEINSCHENCK widersprochen. Nach seinen Untersuchungen stellt die Einwirkung von Alkalilauge auf die Kalknadeln nicht nur eine Desaggregation, sondern tatsächlich eine chemische Umlagerung dar. Daß die Einwirkung der K- bzw. Na-Lauge nicht auf Lösung organischer Zwischensubstanz beruht, geht meiner Meinung nach schon daraus hervor, daß das sehr energisch organische Substanz lösende Eau de Javelle die Kalkmasse der Nadeln unverändert läßt und nicht desaggregiert. Ebenso hat BÜTSCHLI die unter Chemikern seit LIEBIG bekannte

Tatsache von neuem bestätigt, daß auch der minerogene Calcit für Alkalilösungen angreifbar ist. Im Prinzip wird ihm das von Hofmann (siehe die Arbeit von Weinschenk, p. 585) beglaubigt. Hier muß unerörtert bleiben, mit welchem Recht die Angaben Bütschli's über den Chemismus dieser Einwirkung von Maas und Weinschenk in Zweifel gezogen werden; soviel aber steht fest, daß es ihm gelungen ist, in einer späteren eingehenden Untersuchung seine Ansicht im wesentlichen aufrecht zu erhalten (1905). Auch v. Ebner hat ja auf p. 108 seiner Arbeit bemerkt: „Bei längerer Einwirkung von Laugen kann schließlich die ganze Nadel in eine körnige Masse zerfallen, und sich innerhalb der wohl erhaltenen Spiculascheide auflösen.“

Ganz das gleiche läßt sich auch von dem Verhalten der Echinodermenkalkskelete sagen. Mit Bestimmtheit konnte festgestellt werden, daß sie nicht aus solchen rhomboedrischen Elementen zusammengesetzt sind, wie Maas es für die Kalknadeln der Schwämme angibt, die sich bei Einwirkung von Alkalilaugen trennen ließen. Konzentrierte Laugen wirkten auch bei Luftabschluß sehr kräftig auf die Kalkstücke ein, und dabei kann es sich nur um einen chemischen Vorgang im Sinne Bütschli's handeln. Eigentümlicherweise sind es bei größeren Platten nur einzelne Stellen, die der Einwirkung verfallen. Gewöhnlich sind es solche, die dem Boden des Gefäßes am nächsten und damit am intensivsten von der sich am Boden sammelnden konzentrierten und von der durch das CO_2 der Luft am wenigsten veränderten Lauge umgeben sind. An den angegriffenen Stellen findet man, daß der Schalenteil — es sind dazu Interambulacralplatten von *Strongylocentrotus lividus* benutzt worden — weich und morsch geworden ist. Scalpelle, denen der gewöhnliche Kalk erheblichen Widerstand entgegengesetzt, dringen in den umgewandelten Skeletteil bei geringem Druck mit Leichtigkeit ein, und man kann die bröckelig gewordene Masse spielend leicht von dem noch unveränderten Gewebe abschaben. Auch schon äußerlich gibt sich die Umlagerung durch das opake Weiß jener Stellen kund. Noch auffälliger wird aber die angegriffene Stelle, wenn man ein solches Stück mit einer Flüssigkeit tränkt, die den Brechungsindex des außerordentlichen Strahles besitzt. Die unversehrten Platten werden darin in gewissen Richtungen wunderschön durchscheinend (S. Becher, 1913). Nur die Umwandlungsstelle bleibt völlig undurchscheinend, opak und zeigt damit an, daß hier die krystalline Struktur

gänzlich verloren gegangen ist: es ist ja ein völlig anderer Körper an die Stelle des alten getreten.

Bemerkenswert ist auch das Verhalten der Stachelhöcker auf den Platten, die der Einwirkung von Laugen ausgesetzt worden sind. Sie zeigen ein so eigentümliches und regelmäßiges Aufblättern ihrer Substanz, daß der Gedanke nahe liegt, durch die umsetzende und dabei zersetzende Wirkung der Alkalien würden die äußeren Schichten des Höckers so mürbe, daß innere, im unversehrten Höcker vorhandene und bei der Volumänderung des Materials durch die Zersetzung auftretende Spannkkräfte groß genug sind, um die morsche Hülle in so regelmäßiger Weise zu sprengen.

Aus der vorstehenden Übersicht ist zu erkennen, daß die Meinungen über die Natur der Spicula weit auseinander gehen. Auf der einen Seite wird ein beträchtlicher Gehalt von organischer Substanz gleichsam als Verunreinigung angenommen und als Ursache für das Verschiedensein vom gewöhnlichen Kalk betrachtet. Andere Autoren, vor allem v. EBNER und BÜTSCHLI, haben die postulierte organische Substanz überhaupt nicht oder nur in solch unerheblichen Mengen darin finden können, daß sie ihr unmöglich einen Einfluß beilegen können, wie es MAAS und WEINSCHENK tun. Eng damit verbunden gehen auch die Angaben über die Natur des Achsenfadens oder Kanals auseinander, der bei den Kalkspicula nachzuweisen ist. OSC. SCHMIDT (1862—64) und KÖLLIKER (1864) haben nichts dergleichen feststellen können, während von HAECKEL (1872) angenommen wird, daß ein organischer Strang die Spiculastrahlen durchsetze und an den Spitzen mit der äußeren die Nadel umgebenden Sarcodine in Zusammenhang stehe. v. EBNER dagegen bestreitet die organische Natur des Zentralfadens wieder und führt den tatsächlichen Unterschied der Zentralschicht von dem übrigen Spiculakalk auf ein anderes Mischungsverhältnis der vom Bildungsplasma ausgeschiedenen Salze zurück. Auf einem ähnlichen Standpunkte steht auch BÜTSCHLI, wenn er am Ende seiner Arbeit von 1901 zusammenfassend sagt: „In den Kalknadeln von *Leucandra* findet sich sicher kein Achsenfaden, wie denn überhaupt organische Substanz darin nur äußerst spärlich vorkommen kann“ (p. 281). In der gleichen Arbeit konnte dieser Forscher für Kieselnadeln den Nachweis führen, daß deren Achsenfaden die charakteristischen Reaktionen von Eiweißsubstanzen zeigt. Sieht man diese beiden Resultate so eng nebeneinander, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß es doch seltsam sei, wenn Kieselnadeln einen

wohlausgebildeten Achsenfaden aus organischer Substanz besäßen, während die im Prinzip gleichen Kalknadeln gar nichts derartiges aufzuweisen haben sollten. Neuerdings ist es MINCHIN u. REID (1908) tatsächlich gelungen, auch in Kalknadeln einen Achsenfaden nachzuweisen, der zwar ähnlich, wie wir das seit BÜTSCHLI's Untersuchungen von der Spiculascheide wissen, auch aus unorganischer Substanz besteht, „the fact, however (schreiben die genannten Entdecker auf p. 673) that both filament and sheath have an affinity for special stains, is in favour of their containing a certain amount of organic matter, and we may regard sheath and filament as consisting of an organic basis richly impregnated with inorganic non-crystalline materials.“

Die Versuche, aus Echinodermenkalk einen zusammenhängenden organischen Schatten oder so etwas wie einen Zentralfaden herauszulösen, sind mir mißlungen. Wohl konnte aber regelmäßig eine kolloidale Trübung der bei der Auflösung der Skeletstücke in Säuren entstehenden Salzlösung festgestellt werden. Um der Natur des trübenden Mediums auf die Spur zu kommen, ist eine größere Menge der reinweißen unpigmentierten Skeletteile von *Astropecten aurantiacus* in Salzsäure gelöst worden, nachdem die Teile in Eau de Javelle peinlichst von der die Maschen durchsetzenden organischen Substanz gereinigt und gründlich in Wasser ausgewaschen worden waren. Die verhältnismäßig stark opake Lösung behielt auch nach kräftigem Zentrifugieren ihre Trübung bei, die ebensowenig durch Filtrieren zu beseitigen war. Damit erscheint die kolloidale Natur der Lösung erwiesen, zumal erst durch die Vermehrung des Elektrolyten in geringen Mengen ein weißer Niederschlag ausgesalzen werden konnte, der aber keine einzige Eiweißreaktion in einwandfreier Weise zeigte. In Salpetersäure löslich, fiel er bei Neutralisation wieder aus. Schon aus diesem Grunde kann unmöglich auf die Kieselsäurenatur der Trübung geschlossen werden, aber auch deshalb nicht, weil im Echinodermenkalk die Kieselsäure, wenn überhaupt, nur in ganz geringen Spuren nachweisbar ist, die niemals für solche Trübungen wie die oben beschriebenen verantwortlich gemacht werden können. Es müßten dann auch die geglähten, also nunmehr CaO enthaltenden Stücke wenigstens ein Kieselskelet bei der Auflösung in HCl übrig lassen. Aber nichts dergleichen ist bei diesem Vorgang zu bemerken. Es tritt weder eine Trübung der Lösung ein, noch ist die Kieselsäure in Skeletform nachzuweisen. Wir erhalten vielmehr eine völlig klare Salzlösung, wesentlich verschieden

von der aus ungeglühtem Material hergestellten. Sie glich den Lösungen, die zum Vergleich aus minerogenem Kalkspat und Marmor dargestellt worden waren, die natürlich auch in keiner Weise eine Trübung zeigten.

Um vollkommen sicher zu gehen, habe ich diese Versuche mehrfach wiederholt und auf folgende Weise abgeändert. Ich legte des öfteren dünne mikroskopische Schliffe in sehr verdünnte Mineralsäuren und organische Säuren, um die Auflösung der Kalksubstanz unter dem Mikroskop verfolgen zu können. Es gelang, die Säuren so schwach zu machen, daß die CO_2 -Gasblasen bequem zu zählen waren. Man konnte im Verlauf der Auflösung deutlich sehen, wie mitunter winzige Partikelchen von dem Schliff durch die Gasblasen in die Lösung gedrängt wurden. Zwar entstanden an ihnen noch kleine Gasbläschen, als aber das letzte zerplatzt war, war auch das Partikelchen verschwunden, d. h. gelöst, aber an seiner Stelle war eine kolloide Trübung der Flüssigkeit eingetreten. Bei größeren Fetzen, die noch an mehreren voneinander getrennten Stellen Kalkkerne enthielten und daher die CO_2 -Blasen entwickelten, waren diese Herde oft noch in Verbindung und Abstand voneinander gehalten, wie von unsichtbaren Brücken, die aber kein CO_2 mehr enthalten konnten. Schließlich zerrissen diese Stellen doch, und es trat auch bei ihnen Auflösung in die Kolloidwolke ein. Im Dunkelfeld wies die auf solche Weise erhaltene Salzlösung deutlich Mikronen auf. Manche wenige Partikel blieben sichtbar und ungelöst, obwohl in ihrer Nähe noch Kalk aufgelöst wurde, die Säure also noch nicht abgestumpft war.

Gleiche Versuche wurden auch mit im Platintiegel geglühten Skeletsplintern gemacht. Sie entwickelten keine Gasblasen, weil sie nur noch CaO enthielten. Ihre Lösung war klar und ohne Rückstand. Wäre die oben erwähnte Trübung durch Kieselsäure verursacht worden, so hätte eine solche Menge sich unbedingt in Skeletform erkennen lassen müssen. Aber nichts dergleichen war zu beobachten. Aus all diesen Versuchen schließen wir, daß die Trübung nur von organischer Substanz hervorgerufen werden kann. Nach MANN u. v. TELLYESNICZKY¹⁾ sind Protalbumin, Serumalbumin und Globulin Eiweißstoffe, die in verdünnter Salpetersäure ausfallen und sich im Überschuß der Säure lösen. Sie kämen hier in Betracht.

1) In: Enzyklopädie der mikrosk. Technik, 2. Aufl., 1910, Vol. 1.

Es ist anzunehmen, daß die organische Substanz in der ganzen Masse des Balkenwerks im großen und ganzen gleichmäßig verteilt ist. Abgesehen aber von der später zu erörternden Pigmentierung, die hauptsächlich bei Echiniden auftritt, kann auch die nicht färbende organische Beimengung des Kalkskelets an gewissen Stellen derart gehäuft sein, daß sie Veranlassung zu optischer Inhomogenität des Gewebes gibt. An solchen Stellen sieht das Kalkgerüst weiß und opak aus, an Schliffen im durchfallenden Licht dagegen braun. Bei der Untersuchung im polarisierten Licht läßt sich eine Störung nicht erkennen, woraus erhellt, daß für diese Inhomogenität eine abnorme Lagerung der Kalkspatmoleküle nicht die Ursache sein kann. Besonders in den Kiefern von *Echinus esculentus* sind diese dunkleren Partien gut zu beobachten. Aber eigentlich in jedem Skeletstück sind derartige Stellen zu finden und zwar so regelmäßig der Lage nach bestimmt, daß man geneigt ist, gerade diese Stellen für die ältesten Abscheidungen im ganzen Skeletstück anzusehen, um die sich gleichmäßig wachsend, mit offensichtlich weniger organischer Substanz durchsetzt, die übrige Skeletmasse anfügt.

An anderen Stücken lassen sich verschiedene Wachstumszonen unterscheiden. Jede erscheint eingeleitet durch die Abscheidung und Einschließung von verhältnismäßig viel mehr organischer Substanz, die die optische Inhomogenität hervorruft und so die Zonen schön sichtbar macht.

Über den Anteil verschiedener Substanzen an der Masse des Echinodermenskelets gibt uns u. a. folgende Analyse von BÜTSCHLI (1908, Tabelle 3, 1. Forts.) Aufschluß. Danach hatten die Interambulacralplatten aus dem Skelet von *Echinus esculentus* folgende Zusammensetzung:¹⁾

CaCO ₃	86,40
MgCO ₃	8,53
Phosphate	0,08

1) Gestützt auf die Ergebnisse eigener Bestimmungen des Verhältnisses, in dem sich die Bestandteile im Echinodermenskelet vorfinden, kann ich im Gegensatz zu manch anderer Veröffentlichung BÜTSCHLI's Angaben bestätigen. Meine Analysen, die umfassender gedacht waren, konnten leider nicht abgeschlossen werden. Immerhin habe ich den Eindruck gewonnen, daß der MgCO₃-Gehalt wohl ein wechselnder ist. Allgemein blieb er unter 8,5%, bei *Strongylocentrotus* ziemlich beträchtlich.

$\text{CaSO}_4 + 2\text{HOH}$	1,70
HOH	2,45 Verlust bei 400°
org. Substanz	0,03
SiO_2	0,04

Am auffallendsten an der BÜTSCHLI'schen Bestimmung ist der äußerst geringe Prozentgehalt an organischer Substanz in dem Kalkgewebe selbst, also der Eiweißmoleküle, die er nicht durch Behandeln mit Natronlauge herauslösen konnte. Auch bei drei weiteren Angaben, bei denen die gesamte organische Substanz der Skeletmaschen gemeint ist, sind die Werte sehr niedrig, eigentümlicherweise aber der Wassergehalt höher.

Diesem geringen Gehalt an organischer Substanz in dem Kalk der Bälkchen selbst würden die Angaben entsprechen, die schon CARPENTER und v. EBNER gemacht haben. Beide Forscher haben beim Auflösen von Echinodermen-Skeletmaterial keinen Rückstand beobachten können, der auf die Anwesenheit von organischer Substanz schließen ließe. Indessen finden sich in der Literatur auch Ergebnisse, die von BÜTSCHLI's Analysenresultate abweichen. In bezug auf den Gehalt an organischer Substanz kommen BRUNNER u. VALENTIN (1841), die *Strongylocentrotus lividus* untersucht haben, und SCHMELK (1901, p. 129) zu erheblich anderen Resultaten, auch dann noch, wenn man den höchsten Wert, den BÜTSCHLI für den Wassergehalt gibt, von diesen Werten in Abzug bringt.

In Anbetracht der großkrystallinen Eigenschaft des Skeletgefüges ist anzunehmen, daß das MgCO_3 auch krystallin isomorph mit CaCO_3 verteilt ist und in diesem Zustand kein Krystallwasser in Anspruch nimmt. Alle übrigen Gemengteile können, wenn überhaupt, nur ganz geringfügige Mengen Wassers aufspeichern. Die Hauptmenge wäre danach an die organische Substanz gebunden zu denken. Die Bestätigung dafür scheint mir in der erwähnten Angabe BÜTSCHLI's zu liegen, daß bei der Berücksichtigung der vollständigen organischen Substanz im Skeletstück zugleich auch der Wassergehalt beträchtlich in die Höhe ging, wozu doch sonst keine Veranlassung vorläge. Daß der Organismus die Tendenz hat, organische Substanz mit in die Kalkgewebe einzuschließen, zeigen deutlich die weiter unten folgenden Angaben über den Farbstoff im Echinidenskelet. Die Angaben BÜTSCHLI's stehen uns nicht im Wege, wenn wir annehmen, daß die spezifische Gewichtsverminderung eine typische Eigenschaft der organismischen Kalkabsonderungen ist, die

in der Hauptsache durch die mit eingeschlossene organische Substanz bzw. das mit ihr verbundene Wasser hervorgerufen wird. BÜTSCHLI hat ja auch dafür schon den Beweis geliefert; er hat nachgewiesen, daß bei der Erhitzung von Skeletstücken auf 400° tatsächlich eine Vergrößerung des spezifischen Gewichts eintritt (von 2,614 auf 2,629). Daß dies an die Eiweißsubstanz gebundene Wasser noch nicht bei 100° entweicht, liegt eben daran, daß es fest in den Molekularverband des Calciumcarbonats eingebettet liegt und sich — ähnlich wie der Farbstoff — erst bei erhöhter Temperatur durch die genügende Dampfspannung gewaltsam einen Ausweg schaffen kann. Damit hängt wohl auch die von BÜTSCHLI beschriebene Wabenstruktur zusammen, die hauptsächlich an organischen Kalkgebilden sehr gut zum Vorschein kommt, wenn diese auf einen gewissen Temperaturgrad erhitzt worden sind. Man braucht gar nicht zu bestreiten, daß diese Alveolenbildung nicht auch bei Mineralien rein anorganischer Herkunft auftreten könne. Es steht meiner Meinung gar nichts der Auffassung im Wege, auch schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur eine Dissoziation der Moleküle anzunehmen, die sich an dem Erscheinen einer Wabenstruktur sichtbar macht. Mit steigender Temperatur nimmt diese Spaltung zu und wird z. B. für CaCO_3 bei etwa 1200° so weit getrieben, daß eine Abscheidung von CO_2 nahezu vollständig ist. Man wird durch diese Ausführungen nicht mehr zur Annahme einer hypothetischen, unsichtbar präformierten Wabenbildung gedrängt, die BÜTSCHLI noch annehmen muß und von der er ja auch die Doppelbrechung der Krystalle abhängig machen will. Unter der Vergrößerung der Waben durch Erhitzung müßte aber die Doppelbrechung leiden, was jedoch nicht der Fall zu sein scheint.

Auf anderer Grundlage beruhen nun die Alveolarbildungen bei den organismischen Skeletgebilden. Diese müssen ja durch die Art der Verteilung und hermetischen Einbettung der Eiweißsubstanz mit ihrem Wassergehalt zu Wabenstrukturen ausgezeichnet Veranlassung geben. BÜTSCHLI erkennt dies voll und ganz an, wenn er schreibt: „Zwei Momente sind es, welche eventuell hierfür — gemeint ist der Unterschied in dem Verhalten der minerogenen Kalkspat- und Aragonitkrystalle einerseits und das der organischen Kalkgebilde andererseits in bezug auf die Wabenstruktur — herangezogen werden könnten: erstens der wohl stets vorhandene, mehr oder weniger ansehnliche Gehalt der organischen Kalkgebilde an organischer Substanz und zweitens der damit teilweise zusammenhängende, manch-

mal nicht unbeträchtliche Wassergehalt. Beides muß beim Erhitzen zu einer mehr oder weniger starken inneren Gasentwicklung führen, die sich zuweilen in mäßigem Dekrepitieren der Kalkgebilde äußert. Beides aber kann auch wohl eine solche Veränderung der vorhandenen feinstalveolären Struktur hervorrufen, wie wir sie aus unseren Beobachtungen erschließen müssen.“ An dem letzt angeführten Gedanken scheiden sich die Meinungen. Die Schichtung der Kalkskelettbalken scheint mir genügenden Grund für die maschige Anordnung der beim Erhitzen auftretenden Gasblasen zu geben, auch wenn die organische wasserführende Substanz an sich molekular und nicht in Waben verteilt ist. Die auftretenden Bläschen sind keine Vergrößerungen einer ultramikroskopischen Struktur, sie sind nicht präformiert, sondern entstehen erst, wenn die organische Substanz durch Erhitzen zersetzt wird. Ehe sie sich vergrößern, geben sie jeweils die Stelle an, an der organische Substanz zwischen den Kalkspatmolekülen saß.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß der v. EBNER'sche Versuch, die abweichenden physikalischen Eigenschaften des organismischen Kalkes von normalem durch die Mischkrystallnatur, also die anorganischen Fremdsubstanzen, des ersteren zu erklären, die ändernde Einwirkung der mineralischen Komponenten überschätzt. Obzwar der Gehalt an organischer Substanz in den Bälkchen der Echinodermen-Skeletsubstanzen prozentual gering ist, so genügt er dennoch, um die physikalischen Eigenschaften der Skeletmasse typisch zu verändern. Erst wenn man ihn und den damit verbundenen Wassergehalt mit in Rechnung setzt, scheint eine richtige Wertung möglich.

Dies wird auch des weiteren durch folgende Überlegung und Berechnung bestätigt.

Es liegt die Frage nahe, inwieweit die aus der Tabelle ersichtliche Verminderung des spezifischen Gewichtes mit dem Vorhandensein der Fremdsubstanzen zusammenhängt. Betrachtet man die oben zitierte Analyse von BÜTSCHLI, so erkennt man, daß für eine Änderung der Dichte wesentlich die 8,53 % MgCO_3 , die 2,45 % Wasser und die 1,70 % $\text{CaSO}_4 + 2\text{HOH}$ in Frage kommen. Das MgCO_3 hat höheres spezifisches Gewicht (nach DÖLTER, 1912, p. 230 $D = 2,934 - 3,037$) als Kalkspat, wird also die Gesamtdichte vergrößern,

während die leichteren Substanzen Gips und Wasser spezifisch erleichternd wirken müssen.

Wir wissen nichts über die Molekularanordnung und Nähe, die bei der Mischkrystallisation eintritt, so daß eine exakte Berechnung des spezifischen Gewichtes aus den Einzelsubstanzen unmöglich wird.¹⁾ Doch ist es von Interesse, zu berechnen, wie groß die Gesamtdichte wäre, wenn die konstituierenden Substanzen getrennt mit ihrer Normaldichte im Skelet nebeneinander lägen, wenn etwa ein Spiculum aus einer Achse von 84,40 % reinen Calcit und verschiedenen Rinden der anderen Substanzen bestände.

Die Gesamtdichte ist gleich Gesamtgewicht durch Gesamtvolumen. Vernachlässigen wir Phosphate, organische Substanz und SiO_2 , so ergibt sich das Gesamtgewicht aus den folgenden Einzelgewichten:

CaCO_3	86,40 g
MgCO_3	8,53
$\text{CaSO}_4 + 2\text{HOH}$	1,70
HOH	2,45
Gesamtgewicht	99,08

Das Gesamtvolumen ist gleich der Summe der Einzelvolumina, die sich durch Division der Gewichtsanteile der Substanzen durch ihre spezifischen Gewichte ergeben:

CaCO_3 -Volumen	=	$86,40 : 2,714$	=	31,8349
MgCO_3 -Volumen	=	$8,53 : 2,985$	=	2,8576
$\text{CaSO}_4 + 2\text{HOH}$ -Volumen	=	$1,70 : 2,32^2)$	=	0,7327
HOH-Volumen	=	$2,45 : 1$	=	2,4500
Gesamtvolumen			=	37,8752

Das spezifische Gewicht dieser Mischung ist gleich Gesamtgewicht dividiert durch Gesamtvolumen. Also:

$$99,08 : 37,8752 = 2,6159.$$

Dieser Wert stimmt mit den experimentell ermittelten sehr gut überein.³⁾ Die durchschnittliche Molekülnähe in dem Mischprodukt

1) Nach RETGERS ist das spezifische Gewicht von isomorphen Mischkrystallen das arithmetische Mittel der spezifischen Gewichte seiner Komponenten (in: Ztschr. phys. Chemie, Vol. 3, p. 535). In unserem Fall handelt es sich aber nicht nur um einen isomorphen Mischkrystall.

2) LANDOLT-BÖRNSTEIN, Physikalische Tabellen.

3) Es ist interessant, mit diesem Wert noch die Größen zu ver-

ist also dieselbe wie der Durchschnitt der Molekülnähen der einzelnen Bestandteile. Aus der Übereinstimmung dürfte wiederum hervorgehen, daß die Verminderung des spezifischen Gewichtes tatsächlich durch den Gehalt an Fremdsubstanzen, insbesondere durch den in der Hauptsache an organische Substanz gebundenen Wassergehalt, verursacht ist.

C. Die Brechungsindices des krystallinen Calciumcarbonats der Echinodermenskelete.

Genauere Bestimmungen der Brechungsindices der Echinodermenskeletstücke sind noch nicht ausgeführt worden. Das liegt daran, daß bisher eine brauchbare genaue Methode dazu fehlte. Es ist klar, daß ein durch und durch poröses, gitterartiges Gebilde auf einem Refraktometer nicht wie eine einheitliche Krystallplatte zur Bestimmung geeignet ist; die mikroskopische Uneinheitlichkeit stört die einheitliche Totalreflexion an einer Schlifffläche vollkommen.

Wir besitzen allerdings in dem Verfahren von SCHRÖDER-VAN DER KOLK eine Methode, die gestattet, den Brechungsindex kleiner Partikelchen dadurch zu bestimmen, daß man sie in Flüssigkeiten von gleichem Brechungsindex bringt. Dieses Verfahren gab uns keine exakten Resultate. Bei doppeltbrechenden Medien stören sich die dunklen Brechungssäume der verschiedenen Brechungsindices, wozu noch kommt, daß es schwer ist, die kleinen Stückchen

gleichem, die man erhielte, wenn man zu den 86,40 Gewichtsteilen CaCO_3 8,53 Gewichtsteile MgCO_3 gäbe und dann das spezifische Gewicht der Mischung bestimmte. Rechnerisch ergibt der MgCO_3 -Zusatz — CaCO_3 mit 2,714 berücksichtigt — eine Erhöhung des spezifischen Gewichtes der Mischung auf 2,7363. Durch den Gehalt von 1,7% $\text{CaSO}_4 + 2\text{HOH}$ sinkt der Wert wieder auf 2,7280, ist aber immer noch höher als der Normalwert für CaCO_3 . Erst die Beimengung von Wasser und organischer Substanz drücken diesen Wert auf 2,6159 herab. Die Spuren anderer Stoffe, die bei der Analyse noch zu finden sind, vermindern — wenn auch nur ganz geringfügig — den Gesamtwert noch etwas.

Ich habe schon darauf hingewiesen, daß der Gehalt der Skeletsubstanz an MgCO_3 Schwankungen unterworfen ist. Aus Vorstehendem geht klar hervor, daß schon geringe Verminderungen des spezifisch so erschwerenden Stoffes MgCO_3 auch deutlich das spezifische Gesamtgewicht herabdrücken wird. Vielleicht liegt es an solchen Schwankungen, daß die angeführten experimentell gefundenen Werte des spezifischen Gewichtes Differenzen unter sich aufweisen, die sich wohl über Versuchsfehler erheben.

exakt zu orientieren — etwa in der Achsenrichtung, um es lediglich mit dem großen Brechungsindex zu tun zu haben. Für den Brechungsindex der extraordinären Strahlen, der mit der Neigung zur Achse variiert, sind die Schwierigkeiten völlig unüberwindlich.

Trotzdem hat die Engländerin A. KELLY diese Methode angewandt, wie es scheint, ohne sich ihrer theoretischen Mängel voll bewußt zu sein. Für rezente *Echinus*-Skeletstücke¹⁾ kommt sie, bei Verwendung einer THOULET'schen Lösung, zu Werten, die mit den Indices von minerogenem Kalkspat völlig übereinstimmen.

Neben jenem Verfahren will KELLY auch das Krystallrefraktometer von ABBÉ benutzt haben, ohne genauere Angaben über die Methode oder das Material zu machen. Es gibt ganz oder fast ganz kompakte Skeletstücke, die sich zur Bestimmung auf jenem Apparat allenfalls eignen könnten. Vor allem kommen vereinheitlichte fossilisierte Skeletstücke in Frage. Vielleicht hat KELLY auf dem Refraktometer fossilisierte Stücke angewendet, ihre Zahlen würden dafür sprechen.²⁾

KELLY scheint sich nicht bewußt gewesen zu sein, daß es solcher Besonderheiten des Materials oder einer neuen Methode bedurfte, um das ABBÉ'sche Instrument anwendbar zu machen, oder die Forscherin muß Angaben darüber für entbehrlicher gehalten haben als die Versicherung, daß ihre Resultate sehr zuverlässig wären, die nun freilich nur Treu und Glauben für sich haben.

Um eine Verwendung der Skeletstücke auf dem Krystallrefraktometer zu ermöglichen, bedarf es einer Beseitigung der Nachteile des gerüstartigen Baues. Das Skeletstück muß optisch homogenisiert werden. Die Theorie dieser Homogenisierung ist von S. BECHER 1914b entwickelt worden.

Ein Echinodermenskeletstück ist undurchsichtig, obwohl seine Kalkspatbälkchen völlig klar sind. Als Ganzes ist es aber undurchsichtig, so wie ein Haufen Glaspulver undurchsichtig ist, weil kein Lichtstrahl ungehindert durchtreten kann, da jedesmal beim Ein-

1) Die organische Substanz in den betreffenden Skeletteilen war von ihr durch Kochen in Kalilauge(!) entfernt worden.

2) Sowohl an Schliffring als auch an gepulvertem Material hat sie für n_e (außerordentlicher Strahl) 1,486, für n_o (ordentlicher Strahl) 1,658 gefunden: das sind Werte, die auch für den minerogenen nicht organischen Kalkspat angegeben werden. Ich habe dagegen beim Vergleiche der Werte des organischen mit dem minerogenen Kalkspat durchweg eine konstante Differenz feststellen können.

und Austritt aus Glas bzw. Kalkspat in Luft und umgekehrt ablenkende Brechungen und Reflexionen stattfinden. Der Haufen Glaspulver läßt sich durchsichtig machen, wenn wir die Lufträume mit Cedernöl füllen, also mit einer Substanz, die denselben Brechungsindex hat wie Glas. Dadurch wird die ganze Masse optisch homogenisiert und alle Brechungen und Reflexionen beseitigt.

Entsprechendes würde sich bei unserem Kalkgerüstwerk erreichen lassen, wenn nicht der Kalkspat doppelbrechend wäre, also verschiedene Brechungsexponenten darböte. Läge in den Kalkbalken die optische Achse verschieden, so wäre jede optische Homogenisierung völlig ausgeschlossen, denn jeder Lichtstrahl bzw. seine Komponente würde bald als extraordinärer, bald als ordinärer Strahl in den Kalkbalken verlaufen, also bald diesen, bald jenen Brechungsindex haben, so daß an einem einzigen Durchtränkungsmittel auf jeden Fall Brechungen und damit Zerstreung einträte.

Da jedoch die optische Achse in allen Skeletbalken eines einheitlichen Stückes gleiche Richtung hat, so ist die Sache nicht ganz so aussichtslos. Es läßt sich optische Homogenität für einzelne Richtungen herstellen.

In Richtung der optischen Achse hat z. B. der Kalkspat für alle Strahlen den Brechungsindex des ordinären Strahls. Durchtränken wir also z. B. ein Skeletstück mit Monobromnaphthalin, das etwa das gleiche Brechungsvermögen hat, so wird alles Licht in dieser Richtung durchtreten können. In Richtungen, die von der Achse abweichen, werden dagegen nur die ordinären Strahlen durchtreten können, für die der Brechungsindex in jeder Richtung derselbe ist, nicht aber die andere Hälfte des Lichtes, die extraordinären Strahlen, weil sie einen kleineren Brechungsindex haben und daher fortwährend gebrochen werden.

Wir können aber auch Durchsichtigkeit für extraordinäre Strahlen herstellen, z. B. für diejenigen, die senkrecht zur optischen Achse verlaufen und bekanntlich den kleinsten Brechungsindex aufweisen (1,457). Zu diesem Zweck brauchen wir nur mit einer Flüssigkeit von diesem Brechungsindex das Skeletstück zu durchtränken, um senkrecht zur optischen Achse Homogenität für die extraordinären Strahlen zu erreichen und ihnen, im Gegensatz zu allen anderen, auch den ordentlichen Strahlen ungehinderten Durchlaß zu gewähren. Das so durchgelassene Licht ist natürlich polarisiert, da es nur aus extraordinären Strahlen besteht.

Das durch so durchtränkte Skeletstücke hindurchgehende Licht

ist nicht rein weiß; denn wegen der Verschiedenheit der Dispersion von Skeletsubstanz und Durchtränkungsmittel kann völlige Übereinstimmung der Brechungsindices immer nur für eine Farbe (Wellenlänge) bestehen. Alle übrigen werden, wenn nicht völlig zerstreut, so doch wenigstens in ihrem geraden Verlauf gestört. Geordneten ungestörten Strahlenverlauf können nur die Strahlen der Farbe nehmen, für die völlige Übereinstimmung bestand. Ein paralleles Strahlenbündel, das Bild einer durch eine Platte betrachteten fernen Lichtquelle, wird fast rein monochromatisch, wie bei einem CHRISTIANSEN'schen Monochromator.

Diesen Umstand haben wir ausgenutzt. Zur exakten Bestimmung des Brechungsindex mußte natürlich mit monochromatischem Licht, in unserem Falle mit Na-Licht, gearbeitet werden. Wir homogenisierten daher die zur Bestimmung aus dem Skelet parallel der Achse geschliffenen Platten genau für die Farbe des Natriumlichtes. Das ist unschwer zu erreichen, wenn man als Durchtränkungsmittel eine Mischung zweier Flüssigkeiten nimmt, von denen die eine niedrigeren, die andere höheren Brechungsindex besitzt als etwa der extraordinäre Strahl. Es hat sich ergeben, daß eine Mischung von 22 Teilen Terpeneol und 1 Teil des stärker brechenden Methylsalicylats am geeignetsten war. Mehr von der letzteren Flüssigkeit setzt den Index herauf, die Übereinstimmung mit Kalkspat wandert also ins gelbe Spektrumende, während weniger Methylsalicylat den gemeinsamen Punkt der Dispersionskurven gegen blau rückt. Man konnte so lange variieren, bis das durchgelassene Licht den Natriumlinien entsprach. Das wurde dadurch kontrolliert, daß man prüfte, ob durch eine Platte aus Echinodermenkalk eine einige Meter entfernte Bogenlampe gelb erschien und in einem Spektroskop das Helligkeitsmaximum des Streifens genau mit der Lage der Na-Linie im Vergleichsspektrum zusammenfiel. Die Temperatur dieses Vorversuches mußte bei den späteren Bestimmungen beibehalten werden; denn Temperaturänderungen würden wegen ungleicher Beeinflussung von Skelet und Flüssigkeit die Farbe verschieben.

Für das Durchlassen ordinärer Strahlen erwies sich eine Mischung von 9 Teilen Bromnaphthalin mit 1 Teil Benzylbenzoat als sehr geeignet.

Aus den bekannten Brechungsindices von Kalkspat und den genannten Flüssigkeiten lassen sich die für das Minimum der extraordinären bzw. die ordinären Strahlen homogenisierende Mischungs-

verhältnisse nach einer Formel für den Index von Mischungen ungefähr berechnen. Auch die so errechneten Mischungen gestatteten bereits einer für die Bestimmung genügenden Lichtmenge Durchtritt durch das Skeletmaschenwerk. Doch war die Homogenisierung dabei für gelbes Licht nicht ganz exakt, so daß die Resultate davon nur nebenher angeführt sind.

Zur Bestimmung wurde eine parallel der optischen Achse geschliffene planparallele Platte auf die Glaskugel des ABBE-PULFRICH'schen Krystallrefraktometers gebracht. Dabei zeigte sich jedoch, daß der Randwinkel der abfließenden Durchtränkungsflüssigkeit einen genau streifenden Eintritt des Lichtes hinderte. Dem kann man abhelfen, wenn man das Skeletplättchen festaufsitzend und flüssigkeitsdicht umgibt mit einem niedrigen Glasröhrchen, das dem eintretenden Licht ein angekittetes planparalleles Fensterchen zukehrte. Diese Kammer wurde bis zur völligen Bedeckung des Skeletstückes mit Homogenisierungsflüssigkeit gefüllt.

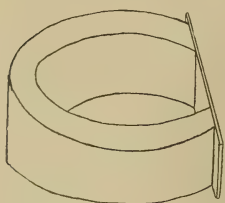


Fig. A:

Glaskammer, mit planparallelem Fenster, die zur Aufnahme der Flüssigkeit dient, worin die Schiffe auf ihre Brechungsindizes untersucht wurden.

Lag nun z. B. Homogenisierung für die ordentlichen Strahlen vor, so drang das gelbe Licht durch das Fenster streifend in das Skeletstück ein, wurde von den extraordinären Strahlen gesondert und durchsetzte nun das Maschenwerk wie einen homogenen Körper, um dann in die Krystallkugel hineingebrochen zu werden, hinter der der Winkel der totalen Reflexion dann gemessen wurde. Die untere Fläche des homogenisierten Kalkstückes wird dabei wegen des mikroskopischen Gerüstbaues abwechselnd von Kalkspat und Flüssigkeit gebildet, das Spaltbild hat also in seinen Teilen verschiedene Grenzübergänge gehabt.

Wenn die Homogenisierung genau war, muß das Spaltbild trotzdem scharf sein. Die Messung ergibt dann die übereinstimmenden Brechungsindices von Skelet und Flüssigkeit.

Bei der Bestimmung von n_e , dem kleinsten Brechungsindex der außerordentlichen Strahlen, mußte die Platte mit der optischen Achse quer zum Lichteinfall liegen. Nur dann wird der Kalkspat von Strahlen senkrecht zur Achse mit dem kleinsten Brechungsindex durchsetzt.

Diese Untersuchungen wurden an dem Krystallrefraktometer im physikalischen Institut der Universität Gießen angestellt. Für die gütige Erlaubnis zur Benutzung dieses Instrumentes möchte ich an dieser Stelle dem Direktor des Instituts Herrn Prof. Dr. KÖNIG besten Dank sagen.

Ehe an die eigentliche Feststellung der Indices der Echinodermen-Skeletsubstanz herangetreten werden konnte, war es nötig, den Exponenten der Flintglaskugel stets neu zu bestimmen, da es schien, als ob die schwankende Temperatur von merklichem Einfluß auf diesen Wert sei.

Er läßt sich nach der Formel

$$N = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha_N} \text{ berechnen.}$$

Die für den Kalk abgelesenen Werte ergaben, in die Formel $n = N \cdot \sin \alpha$ eingesetzt, auf einfache Weise die gesuchten Indices.

In den beiden Formeln bedeuten:

N = Brechungsindex der Flintglaskugel des Refraktometers.

β = Einfallswinkel = 90° ; $\sin \beta = 1$; $N = \frac{1}{\sin \alpha_N}$.

α_N = Brechungswinkel für das Flintglas.

n = gesuchter Brechungsindex der Kalksubstanz.

α_e = Brechungswinkel des extraordinären Strahles im Kalkgewebe.

α_o = Brechungswinkel des ordentlichen Strahles.

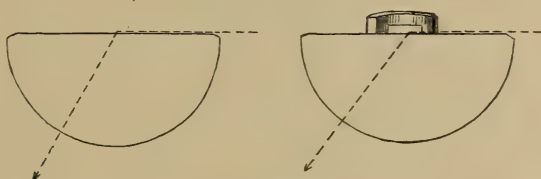


Fig. B.

Schematische Darstellung des Lichtstrahles in der Flüssigkeitshalbkugel des Refraktometers vor und nach der Brechung. In der zweiten Darstellung ist der zu untersuchende Körper in der mit Flüssigkeit gefüllten Glaskammer eingezeichnet.

Auf der rechten Seite ist das planparallele Glasfenster berücksichtigt.

Zuerst mögen hier die Resultate für den Brechungsexponenten des ordentlichen Strahles im Echinodermenkalk folgen. Wir beginnen mit Aufzeichnungen, die erhalten wurden, ehe eine voll-

kommene Homogenität durchführbar war. Die untersuchten Skeletstücke sind mit reinem Bromnaphthalin durchtränkt gewesen.

Die Temperatur betrug $t = 17^\circ$; der Winkel $\alpha_N = 32^\circ 10'$;

$$N = \frac{1}{\sin \alpha_N}.$$

$$\begin{array}{rcl} \log 1 & = & 1,00000 \\ \log \sin \alpha_N & = & 9,72622 - 10 \\ \hline \log N_{D\ 17^\circ} & = & 0,27378 \\ N_{D\ 17^\circ} & = & 1,87835 \end{array}$$

Platte aus einem Stachel von *Heterocentrotus mamillatus*.

Es liegen zwei Ablesungen des Brechungswinkels vor:

$$\alpha_\omega = 61^\circ 12' \text{ und } \alpha_\omega = 61^\circ 27'.$$

Daraus folgen die Werte für n_ω :

$$\begin{array}{rcl} \log \alpha_\omega & = & 9,94266 - 10 \\ \log N & = & 0,27378 \\ \hline \log n_\omega & = & 0,21644 \end{array}$$

I.

$$n_{\omega\ D\ 17^\circ} = 1,64603$$

$$\begin{array}{rcl} \log \alpha_\omega & = & 9,94369 - 10 \\ \log N & = & 0,27378 \\ \hline \log n_\omega & = & 0,21747 \end{array}$$

II.

$$n_{\omega\ D\ 17^\circ} = 1,65003$$

Heterocentrotus mamillatus; Stachel.

$$a_N = 32^\circ 11' \qquad t = 20,5^\circ.$$

$$\begin{array}{rcl} \log 1 & = & 1,00000 \\ \log \alpha_N & = & 9,72642 - 10 \\ \hline \log N & = & 0,27357 \\ N_{D\ 20,5^\circ} & = & 1,87747 \end{array}$$

$$\alpha_{\omega} = 61^{\circ} 27'$$

$$\begin{array}{rcl} \log \alpha_{\omega} & = & 9,94335 - 10 \\ \log N & = & 0,27357 \\ \hline \log n & = & 0,21692 \end{array}$$

$$\text{III. } \boxed{n_{\omega D 20,5^{\circ}} = 1,64785}$$

Diese drei Werte verglichen mit dem Wert für normalen Kalkspat ergeben folgende Differenzen:

n_{ω} Calcit	= 1,65835	1,65835	1,65835 (nach MARTENS) ¹⁾
n_{ω} Echin.	= 1,64603 I.	1,65003 II.	1,64785 III.
Differenz	= 0,01232	0,00832	0,01040

Ehe für die folgenden Bestimmungen die Skeletteile selbst geprüft wurden, waren Messungen des Brechungsindex des Flüssigkeitsgemisches vorausgegangen. Das Homogenisierungsgemisch war nach der Monochromatormethode geprüft worden und bestand, wie oben erwähnt, aus 9 Teilen Bromnaphthalin und 1 Teil Benzylbenzoat. Die folgenden Werte stammen daher von genau homogenisierten Systemen.

$$t = 21 \quad \alpha_N = 32^{\circ} 11', \text{ daraus } N_{D 21^{\circ}} = 1,87747 \text{ wie oben.}$$

$$\alpha \text{ der Flüssigkeit} = 60^{\circ} 49' 30''.$$

$$\begin{array}{rcl} \log \alpha & = & 9,94107 \\ \log N & = & 9,27357 \\ \hline \log n & = & 0,21464 \\ N_{D 21^{\circ}} & = & 1,63925 \end{array}$$

Beim Einlegen der Stachelplatte von *Heterocentrotus* ergab sich keine Änderung des Winkels α ; daher stimmt sein Brechungsindex mit dem der Flüssigkeit genau überein.

Heterocentrotus mamillatus; Stachelplatte.

$$t = 21^{\circ}, \alpha_N = 32^{\circ} 11'; \text{ daraus } N_{D 21^{\circ}} = 1,87747.$$

$$\alpha_{\omega} = 60^{\circ} 49' 30''.$$

1) Aus: DÖLTER, Handbuch der Mineralchemie.

IV.	$N_{\omega D 21^\circ} = 1,63925$	$N_{\omega \text{ Calcit}} = 1,65835$
		$N_{\omega \text{ Echin.}} = 1,63925$
	$\text{Differenz} = 0,01910$	

Eine Reihe von Skeletplatten der verschiedensten Echinodermen (*Asterias*, *Echinus*, *Leiocardaris*, *Metacrinus*) konnten nach dem Einlegen in diese Flüssigkeit keine Änderung mehr an dem angegebenen Brechungswinkel hervorbringen. Ihre Brechungsindices stimmen demnach alle mit dem hier angeführten Wert überein.

Nach längerer Zwischenzeit wurde eine weitere Mischung im gleichen Verhältnis hergestellt und der ordentliche Strahl der Skeletstücke nochmals geprüft.

$$t = 19^\circ \quad \alpha_N = 32^\circ 11' \quad N = 1,87747.$$

Der Brechungswinkel der Flüssigkeit allein:

$$\alpha = 60^\circ 54'$$

$\log 60^\circ 40'$	= 9,94140 — 10
$\log N$	= 0,27357
$\log n$	= 0,21497
$N_{D 19^\circ}$	= 1,64049

Stachel von *Heterocentrotus mamillatus*.

Da nach Einlegen der Stachelscheibe in die Flüssigkeit durchaus keine Veränderung des Brechungswinkels mehr erfolgt ist, so wurde daraus geschlossen, daß ihr Brechungsindex für den ordentlichen Strahl mit dem des Gemisches übereinstimmt. Danach wäre er:

$$t = 19^\circ \quad N = 1,87747 \quad \alpha_{\omega} = 60^\circ 54'$$

V.	$n_{D\omega 19^\circ} = 1,64049$	$n_{\omega \text{ Calcit}} = 1,65835$
		$n_{\omega \text{ Echin.}} = 1,64049$
	$\text{Differenz} = 0,01786$	

Aus diesen Resultaten geht hervor, daß auch genau homogenisierte Systeme zu Werten führen, die ganz beträchtlich von denen des Calcits abweichen. Die aus den letzten Werten erzielten Differenzen sind noch größer als die, bei denen die Skeletplatten mit reinem Bromnaphthalin ungenau homogenisiert waren.

Die ganz geringen Differenzen, die noch zwischen den vollkommen unabhängig, auch an ganz verschiedenen Tagen, erzielten

Werte IV und V — sie beträgt 0,00124 — läßt sich vielleicht durch den Temperaturunterschied verstehen.

Alles in allem sind aber die Abweichungen der Werte des Echinodermenkalkes von denen des normalen Calcits so groß und stets wiederkehrend, daß sie nicht auf mögliche Beobachtungsfehler zurückgeführt werden können.

Es folgen nun die Beobachtungen über den außerordentlichen Strahl im Stachelhäuterskelet.

Heterocentrotus mamillatus, Stachel.

$$t = 21^{\circ} \quad \alpha_N = 32^{\circ} 11'$$

Daraus ergibt sich wieder wie früher der Brechungsexponent der Glashalbkugel: $N_{D\ 21^{\circ}} = 1,87747$.

Das Skeletstück wurde homogenisiert mit einem Gemisch von Terpeneol und Methylsalicylat; doch ist die vollständige Homogenisierung noch nicht genau erreicht.

$$\alpha_e = 51^{\circ} 54'$$

$$\log \sin \alpha = 9,89594 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n_e = 0,16951$$

I. $N_{e\ D\ 21^{\circ}} = 1,47745$

$$n_e \text{ Calcit} = 1,48640 (\text{MARTENS})^1)$$

$$n_e \text{ Echin.} = 1,47745$$

$$\text{Differenz} = 0,00895$$

Die folgenden Resultate wurden erhalten, nachdem mit einem Gemisch homogenisiert worden war, das aus 22 Teilen Terpeneol und 1 Teil Methylsalicylat bestand. Die spektroskopische Prüfung, die später nachträglich ausgeführt worden war, ergab eine noch nicht vollständige Übereinstimmung der Natriumfärbung mit der Monochromatorfarbe. Zwei Untersuchungen des Brechungsindex des Gemisches allein ergaben die gleichen Werte.

1) Aus: DÖLTER, Handbuch der Mineralchemie, Vol. 1. Es ist der niedrigste der hier angegebenen Werte gewählt.

Beidesmal war $\alpha = 51^\circ 52'$ $t = 20,5^\circ$.

Daraus ergibt sich der Brechungsquotient zu:

$$n_{D\ 20,5^\circ} = 1,47676.$$

Längsschliff eines Stachels von *Heterocentrotus mamillatus*.

$$\alpha_\varepsilon = 51^\circ 53' \quad N_{D\ 20,5^\circ} = 1,87747 \quad t = 20,5^\circ.$$

$$\log \sin \alpha = 9,89584 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n_\varepsilon = 0,16941$$

$$\text{II. } \boxed{N_{D\ 20,5^\circ} = 1,47711}$$

$$n_\varepsilon \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_\varepsilon \text{ Echin.} = 1,47711$$

$$\text{Differenz} = 0,00929$$

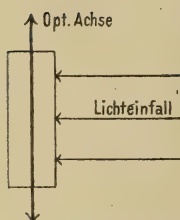


Fig. C.

Die nebenstehende Skizze (Fig. C) soll den Lichteinfall in bezug auf die optische Achse des Kalkstückes veranschaulichen; das System ist von oben gesehen gedacht.

Bei den folgenden Untersuchungen wurden nun vollständig homogen gemachte Systeme benutzt.

Zuerst ist wieder der Exponent der Flüssigkeit selber bestimmt. Der Brechungswinkel der Kugel hatte sich nicht verändert, wie früher betrug er:

$$\alpha_N = 32^\circ 11'; \text{ daraus } N_{D\ 21^\circ} = 1,87747 \quad t = 21^\circ.$$

Der Winkel der Mischung ergab sich zu $51^\circ 58'$:

$$\log \sin \alpha = 9,89633 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n = 0,16990$$

$$n_{D\ 21^\circ} = 1,478766$$

Die in diese Flüssigkeit eingelegten Skeletstücke ergaben noch ganz geringe Veränderungen des Brechungswinkels.

Heterocentrotus mamillatus; Stachel senkrecht zur optischen Achse geschliffen.

$$\alpha_e = 51^\circ 59' \quad N_{D 21^\circ} = 1,87747 \quad t = 21^\circ$$

$$\log \alpha_e = 9,89643 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n = 0,17000$$

III.

$$n_{e D 21^\circ} = 1,47911$$

$$n_e \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_e \text{ Echin.} = 1,47911$$

$$\text{Differenz} = 0,00729$$

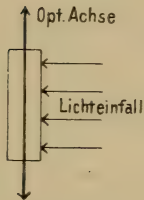


Fig. D.

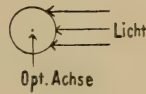


Fig. E.

Heterocentrotus mamillatus; Stachel parallel zur Achse geschliffen.

$$\alpha_e = 51^\circ 58' \quad N_{D 21^\circ} = 1,87747 \quad t = 21^\circ$$

$$\log \sin \alpha = 9,89633 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n = 0,16990$$

IV.

$$n_{e D 21^\circ} = 1,47877$$

$$n_e \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_e \text{ Echin.} = 1,47877$$

$$\text{Differenz} = 0,00763$$

Heterocentrotus mamillatus, Stachel.

$$\alpha_e = 51^\circ 58' \quad N_{D 21^\circ} = 1,87747 \quad t = 21^\circ$$

$$\log \sin \alpha_e = 9,89633 - 10$$

$$\log N = 2,27347$$

$$\log n_e = 0,16990$$

V.

$$n_{\varepsilon D 21^{\circ}} = 1,47877$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Echin.} = 1,47877$$

$$\text{Differenz} = 0,00763$$

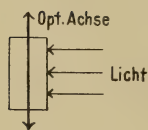


Fig. F.



Fig. G.

Leiocidaris; Stachel quergeschliffen.

$$\alpha_{\varepsilon} = 51^{\circ} 59' \quad N_{D 21^{\circ}} = 1,87747 \quad t = 21^{\circ} \quad \text{Lichteinfall}$$

$$\log \sin \alpha_{\varepsilon} = 9,89643 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n_{\varepsilon} = 0,17000$$

VI.

$$n_{\varepsilon D 21^{\circ}} = 1,47911$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Echin.} = 1,47911$$

$$\text{Differenz} = 0,00729$$

Asterias glacialis, Marginalplatte, senkrecht zur optischen Achse.

$$\alpha_{\varepsilon} = 51^{\circ} 57' \quad N_{D 21^{\circ}} = 1,87747 \quad t = 21^{\circ}$$

$$\log \sin \alpha_{\varepsilon} = 9,89624 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n_{\varepsilon} = 0,16981$$

VII.

$$n_{\varepsilon D 21^{\circ}} = 1,47847$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Calcit} = 1,48640$$

$$n_{\varepsilon} \text{ Echin.} = 1,47847$$

$$\text{Differenz} = 0,00793$$

Metacrinus acutus, Stielglied senkrecht zur Achse.

$$\alpha_{\varepsilon} = 51^{\circ} 58' \quad N_{D 20,5^{\circ}} = 1,87747 \quad t = 20,5^{\circ}$$

$$\log \sin \alpha_{\varepsilon} = 9,89633 - 10$$

$$\log N = 0,27357$$

$$\log n_{\varepsilon} = 0,16990$$

Tabelle der Brechungsindices des Echinodermen-Kalkcarbonats
im Vergleich mit denen des gewöhnlichen Calcits.

A. Ordentlicher Strahl.

Gegenstand	N _D	$\alpha_{D\omega}$	t	n _{Dω} Echin.	Differenz zwischen n _{ω} = 1,65835 und n _{ω} Echin.-Kalk	Homogenisiert für Licht von etwa 555 $\mu\mu$ mit
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel quer	1,87835	61° 12'	17°	1,64603	0,01232	Reinem Bromnaphthalin, nicht vollständige Homogenität erreicht
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel	1,87835	61° 27'	17°	1,65003	0,00832	Reinem Bromnaphthalin, nicht vollständig homogen
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel	1,87747	61° 27'	20,5°	1,64785	0,01040	Reinem Bromnaphthalin, nicht vollständig homogenisiertes System
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel	1,87747	60° 49' 30"	21°	1,63925	0,01910	Genau homogenisiert. Gemisch: 9 Teile Bromnaphthalin, 1 Teil Benzylbenzoat mit n _{D 21°} = 1,63925
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel	1,87747	60° 54'	19°	1,64049	0,01786	Neues Gemisch. Genau homogenisiertes System. Mischungsverhältnis wie oben. Flüssigkeit: n _{D 19°} = 1,64049

Tabelle der Brechungsindices des Echinodermen-Kalkcarbonats
im Vergleich mit denen des gewöhnlichen Calcits.

B. Außerordentlicher Strahl.

Gegenstand	N _D	α_D	t	n_D Echin.	Differenz zwischen $n_D = 1,48640$ und n_D Echin.-Kalk	Homogenisiert für Licht von etwa 555 $\mu\mu$ mit
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel quer	1,87747	51° 54'	21°	1,47745	0,00895	Gemisch aus Terpineol und Methylsalcylat, nicht vollständig homogen
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel längs	1,87747	51° 53'	20,5°	1,47711	0,00929	Gemisch aus 22 Teilen Terpineol und 1 Teil Methylsalcylat. System nicht völlig homogen
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel quer	1,87747	51° 59'	21°	1,47911	0,00729	Gemisch aus 20 Teilen Terpineol und 1 Teil Methylsalcylat. System homogen, Flüssigkeit: $n_D 21^\circ = 1,47877$
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel längs	1,87747	51° 58'	21°	1,47877	0,00763	Gemisch, wie oben
<i>Heterocentrotus</i> , Stachel längs	1,87747	51° 58'	21°	1,47877	0,00763	Gemisch, wie oben
<i>Leiodidaris</i> , Stachel quer	1,87747	51° 59'	21°	1,47911	0,00729	Gemisch, wie oben
<i>Asterias glacialis</i> , Marginalplatte	1,87747	51° 57'	21°	1,47847	0,00793	Gemisch, wie oben
<i>Metorinus acutus</i> , Stielglied	1,87747	51° 58'	20,5°	1,47877	0,00763	Gemisch, wie oben

VIII.

$n_{\epsilon D 20,5^\circ} = 1,47877$

$n_{\epsilon \text{ Calcit}} = 1,48640$

$n_{\epsilon \text{ Echin.}} = 1,47877$

$\text{Differenz} = 0,00763$

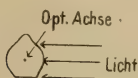


Fig. H.

Wir erkennen aus diesen Werten, die die Untersuchung des außerordentlichen Strahles im Calciumcarbonat des Echinodermenskelets ergab, daß sie in grundsätzlicher Übereinstimmung stehen mit den Resultaten, die uns der Brechungsquotient der ordentlichen Lichtwelle geliefert hat. Beide Ergebnisreihen haben gezeigt, daß in optischer Beziehung ein deutlicher Unterschied besteht zwischen dem normalen, minerogenen Calcit und dem organismischen Kalkgewebe der Echinodermen. Zur besseren Übersichtlichkeit seien die Werte nochmals in obiger Tabelle (S. 59—60) zusammengefaßt.

Fassen wir die Ergebnisse der beiden vorstehenden Kapitel zusammen, so kommen wir zu folgenden Tatsachen:

Aus den angeführten Werten geht mit Klarheit hervor, daß der spezifischen Gewichtsverminderung des Echinodermenkalkes ein gleichfalls konstant auftretendes Kleinerwerden des Brechungsexponenten parallel geht. Und zwar ist die Verminderung des Index für den ordentlichen Strahl größer als die für den außerordentlichen. Somit ergibt sich auch eine Verminderung der Doppelbrechung in der Echinodermen-Skeletsubstanz, da die Differenz zwischen n_o und n_e nicht mehr so groß wie beidengleichen Werten des minerogenen Kalkspates ist.

Auch am Kalkgerüstwerk des Echinodermenskelet finden wir die Tatsache bestätigt, daß eine Abhängigkeit der Doppelbrechung von der Höhe des spezifischen Gewichtes besteht. Allgemein findet man an Kristallen, daß die Verminderung des spezifischen Gewichtes auch den Brechungsindex dieser Substanz verringert. Durch Erhitzen kann man dies leicht nachweisen. Man hat gefunden, daß Temperaturerhöhung einen ziemlich starken, mindernden Einfluß auf das Lichtbrechungsvermögen der Körper hat.

Wir verstehen nun, daß, einem allgemeinen Gesetz zufolge, einer Verringerung des spezifischen Gewichts auch die Verminderung der Brechungsindices und der Doppelbrechung im Echinodermenkalkskelet entsprechen mußte.

Späteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, die drei Werte — das spezifische Gewicht, n_o und n_e — an Skeletstücken von einem Tiere zu bestimmen, um den exakten zahlenmäßigen Nachweis der Abhängigkeit zu führen, die zwischen den genannten Werten gleicher Herkunft besteht. Mir selbst ist dies durch den Ausbruch des Krieges nicht mehr möglich gewesen.

D. Die Lage der optischen Achse im Skelet der Echinodermen.

Wir hatten schon mehrfach Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß trotz der ganz verschiedenen Richtung der Bälkchen in einem Skeletstück der Echinodermen die optische Achse in allen gleichgerichtet ist. In den Stielgliedern der Crinoiden liegt z. B. die optische Achse in gleicher Richtung wie die morphologische Stielachse. Ein Querschliff durch ein Stielglied muß deshalb im konvergent polarisiertem Licht das Achsenbild des einachsigen Kalkspates zeigen. Diese Tatsache ist seit langem bekannt. Sie ist bemerkenswert, weil die einheitliche Lage der optischen Achse in einem Skeletstück an sich noch nichts über eine konstante Richtung dieser Achse zu den morphologischen Richtungen des Körpers — in unserem Falle zur Längsrichtung des — Stieles auszusagen brauchte. Wie BECHER (1914) ausgeführt hat, erregen diese Verhältnisse ein weitgehendes allgemein biologisches Interesse, weil die Lage der optischen Achse mit der Absetzung der kleinsten anfänglichen Calcitbildung, die sich zu einem Skeletstück auswachsen wird, festgelegt ist, so daß es den Anschein hat, als ob das Plasma die Fähigkeit besitze, bei der Orientierung der primären Kalkstückchen auf die Lage der optischen Achse in denselben Rücksicht zu nehmen. Vielleicht erklärt sich die Abhängigkeit der Achsenlage von allgemeinen Körperrichtungen dadurch, daß in dem kolloidalen Plasma, in dem die Abscheidung stattfindet, bestimmt gerichtete Spannungen unbekannter Art vorhanden sind und daß diese die Krystallisation beeinflussen. Jedenfalls erschien es von Wichtigkeit, zu untersuchen, ob die Abhängigkeit der Achsenlage von der Konfiguration der Skeletstücke

allgemein nachzuweisen wäre. Daß dieser Nachweis trotz mannigfaltiger Ansätze dazu in dem nötigen Umfang und mit der wünschenswerten Genauigkeit noch nicht ausgeführt wurde, lag am Fehlen einer bequemen Methode zur Feststellung der Achsenrichtung bei kompliziert gestalteten Skeletteilen. Man war bisher darauf angewiesen, aufs Geratewohl Schliffe durch ein Skeletstück zu legen und diese Schliffe auf ein Achsenbild zu untersuchen. Dabei konnte es nur ein glücklicher Zufall fügen, daß ein Achsenkreuz wahrzunehmen war. Zum mindesten lagen die Achsenkreuze, auch wenn sie gefunden wurden, exzentrisch, und die Bestimmung der Achsenrichtung war unexakt.

Die Methode, die zur vorläufigen Bestimmung der Achsenlage angewendet worden ist, bestand in Folgendem (BECHER, 1914, p. 324): „Wir tauchten die von der organischen Substanz (durch Behandlung mit Eau de Javelle) befreiten Skeletstücke in eine Flüssigkeit vom kleinsten Brechungsindex der extraordinären Strahlen, dann wird (wie in einer Mitteilung über die Herstellung von Polarisatoren näher auseinandergesetzt ist) das Skeletstück durchsichtig in allen auf der optischen Achse senkrecht stehenden Richtungen. Man braucht also ein Skeletstück in jener Flüssigkeit nur so lange hin- und herzuwenden, bis es durchsichtig erscheint, um gleich zu wissen, daß die optische Achse senkrecht zu dieser Richtung liegen muß. Durch zwei Durchsichtigkeitsrichtungen ist die Lage der Achse schon bestimmt. Nachträglich wurde dann senkrecht zu der so gefundenen Achse ein Schliff gelegt, um durch die Beobachtung des Achsenbildes die Achsenlage zu bestätigen.

Die Untersuchung ergab, wie bereits erwähnt, daß bei allen Skeletteilen eine feste Beziehung zwischen der Richtung der optischen Achse und der Konfiguration des Stückes oder seiner Orientierung besteht. Diese Beziehung kann naturgemäß keine absolut exakte sein, weil sich die Konfiguration des Skeletteils durch nachträgliches Wachstum verändert, während die Lage der optischen Achse von vornherein festliegt. Im übrigen aber ist die Regel allgemein gültig.“

Folgende Resultate sind zu verzeichnen:

Crinoiden. Zur Untersuchung haben Exemplare von *Antedon rosacea*, *Antedon eschrichtii* und Stielglieder von *Metacrinus acutus* vorgelegen. Die Resultate, die an diesen rezenten Skeleten erzielt worden sind, decken sich mit denen HESSEL's an fossilem Material. Aus der Reihe seiner Beobachtungen lassen sich

folgende Angaben entnehmen, die hier von Bedeutung sind. Er hat an Stielstücken von Encriniten und Pentacriniten gefunden, „daß in jedem solchen Stielstück die Hauptaxe des Kalkspatrhomboëders mit der Hauptaxe der fünfseitigsäuligen oder cylindrischen Gestalt des Gliedes zusammenfällt“ (p. 54). v. EBNER berichtet dazu von Untersuchungen an recenten Crinoiden: „Aus Querschliffen von *Pentacrinus maresianus*, *Wyville-Thomsoni*, *Metacrinus angulatus* und *Wyvillii* ließ sich überall das Axenkreuz in konvergenten Lichte nachweisen.“ „Die Längsschliffe der Stielglieder der genannten Crinoiden ergaben in parallelem Lichte vollständig einheitliche Axenrichtung parallel der morphologischen Axe“ (p. 141, l. c.).

Jedes der vielen Stielstücke ist optisch gleichgerichtet. Erst in dem Kelch beginnt mit der Entwicklung der verschiedenen Arme auch die Ausspaltung der optischen Achse. Die Wirbel der Arme besitzen ebenfalls die einheitliche Krystallstruktur, und die optische Orientierung ist so, daß sie mit der Wachstumsrichtung der Arme, das ist, der morphologischen Achse, zusammenfällt. Dieses Verhalten war auch v. EBNER schon bekannt: „Am Längsschliffe des Stielgliedes von *Metacrinus Wyvillii* war ein Seitenast mitgeschliffen; dieser zeigte die optische Axenrichtung, analog wie der Stamm, parallel der morphologischen Längsaxe“ (l. c., p. 141). Damit ist auch das Verhalten der optischen Achse in den Gabelstücken, an denen die Armverzweigung stattfindet, zu verstehen. Sie stellen nichts anderes als gewöhnliche Wirbel dar, deren optische Hauptrichtung durchaus die gleiche wie in den übrigen Teilen der Arme ist. Auch das Entstehen von Facetten zum Ansetzen der ersten Wirbel für die Nebenarme ändert an dem noch vollkommen monopodialen Charakter des Wachstums eines solchen Gabelstückes nicht das geringste. Bei dichotomischer Verzweigung der Arme wird das Gabelstück zum Endglied des Hauptarmes. Erst mit der Ausbildung der ersten beiden Nebenarmwirbel beginnt je eine neue Wachstumsrichtung, in die nun auch die optisch ausgezeichnete Richtung des calcitischen Skeletgefüges fällt. Diese optische Richtung des Hauptarmes spaltet sich also nicht nach links und rechts in die Nebenarme auf, sondern wird starr beibehalten, und in scharfem Winkel treffen auf sie die neuen Richtungen in den Nebenarmen.

Bei monopodialelem Wachstum ist einem Gabelstück außer an der Facette nicht anzusehen, daß es auch Beziehungen zu einem Nebenarm hat. Es fällt in keiner Weise optisch aus der Wirbelreihe des Hauptarmes heraus, dessen eines Glied es ist. Auch an solchen

Stellen wird neben der Hauptachsenrichtung unvermittelt eine neue seitliche hervorgebracht.

Genau wie in den Armen ist in allen übrigen skelettgestützten Anhängen des Crinoidenkörpers (Cirren usw.) die gleiche Übereinstimmung der Lage der optischen Achse mit der morphologischen Wachstumsrichtung nachzuweisen. Dadurch erscheint uns das Gerüst der Pelmatozoa in seiner wunderbaren Einheitlichkeit des krystal-linen Gefüges, wie unter einem geheimen Gesetze stehend, das bei keiner der höherstehenden, verwandten Gruppe mehr mit dieser Deutlichkeit zutage tritt.

Echinoidea. Auch an fossilen Echinidenstacheln hat HESSEL die Lage der optischen Achse zuerst bestimmt. „Die Kalkspathmasse eines solchen ganzen Stachels ist in einem Continuum, so daß man aus ihr ein Rhomboëder durch mechanische Theilung erhalten kann. Die Hauptaxe dieses Rhomboëders fällt zusammen mit der Hauptaxe des Stachels“ ¹⁾ (p. 143).

EBNER hat rezente Stacheln untersucht und schreibt hierzu: „Die zierlichen Querschliffe der Echinoidenstacheln verhalten sich, trotz der außerordentlichen mannigfaltigen Anordnung ihrer Kalkbalken und Gitter, im convergenten Lichte, durchwegs wie parallel zur Basis geschliffene Kalkspathplatten. Man kann den Querschliff der größeren Stacheln hin und her durch das Gesichtsfeld schieben, das Axenkreuz bleibt stehen, wie bei einer Krystallplatte. Nur ein Stachelquerschliff (*Boletia maculata* LAM.) machte insoferne eine Ausnahme, als um eine zentrale, gitterartig angeordnete Masse, welche sich wie die anderen Querschliffe verhielt, ringsum eine Kalkmasse angelagert ist, welche, wie es scheint, so orientiert ist, daß die optischen Axen in radiär gestellten Vertikalebene n schief gegen die centrale Masse verlaufen. Die Axenkreuze der Echinidenstacheln werden beim Verschieben der Schliffe mehr oder weniger deutlich, je nachdem gerade eine Lücke oder ein Balken im Centrum des Gesichtsfeldes steht, außerdem wird das Kreuz im Allgemeinen weniger deutlich, wenn das Kalkgitter sehr fein und engmaschig ist“ (l. c., p. 140). Mir ist keine Stachelart bekannt geworden, an der eine ähnliche Unregelmäßigkeit zu bemerken gewesen wäre, wie sie EBNER hat feststellen können. Meine Untersuchungen haben sich im wesentlichen auf Stacheln von *Leiocidaris*, *Echinus*, *Strongylo-*

1) Im Original gesperrt gedruckt.

centrotus und *Heterocentrotus* erstreckt und konnten nur den normalen Sachverhalt bestätigen.

In bezug auf die Ambulacral- und Interambulacralplatten stützen sich die folgenden Ergebnisse in der Hauptsache auf Untersuchungen am Gerüst von *Echinus esculentus*, und nur zur Bestätigung sind auch Prüfungen an *Strongylocentrotus lividus* vorgenommen worden. In den Ambulacral- und Interambulacralplatten dieser Tiere liegt die optische Achse, wie EBNER sich ausdrückt, meridional zu den Radien bzw. Interradien, genau wie bei dem von v. EBNER untersuchten *Psammechinus microtuberculatus* auch (Fig. J).

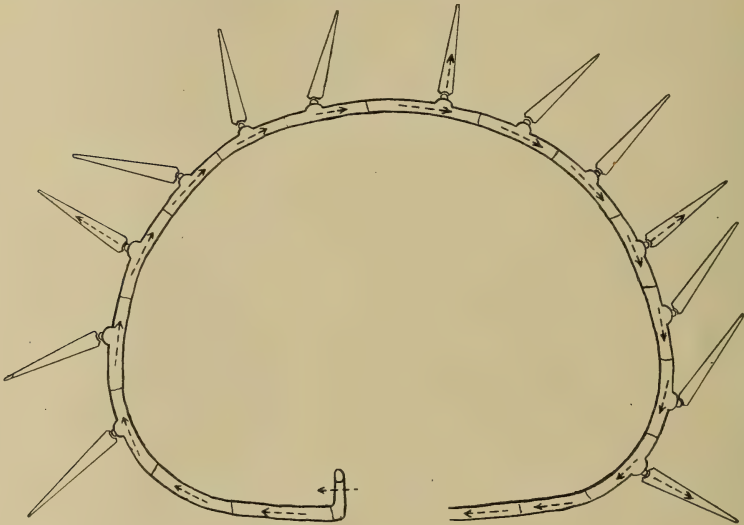


Fig. J.

Körperkapsel von *Echinus esculentus*.

Die Pfeile geben die Lage der optischen Achsen in den Elementen an. Schema.

Eigentümlicherweise behält die optische Achse auch in den Aurikeln genau die Lage wie in den Kapselplatten bei (Schema I s. Fig. J). Sie steht also auf der einzelnen Aurikel senkrecht. Vielleicht ist daraus der Schluß zu ziehen, daß eine solche Aurikel nicht einfach als in die Körperhöhle eingebogene Kapselplatte anzusehen ist, sondern daß auf einer schmalen Grundlage ein besonderes Dickenwachstum zu ihrer Entstehung geführt hat.

Ganz ähnlich wie in den Aurikeln liegt nun auch die optische Orientierung im Kauapparat der Echiniden. Das Schema II (Fig. K) läßt

erkennen, daß sie in den Kiefern radial angeordnet ist, so daß tangentiale Flächenschliffe ein Achsenkreuz zeigen müssen. Für *Strongylocentrotus lividus* hat v. EBNER ähnliche Verhältnisse gefunden.

Eine ganz andere Anordnung ergibt sich aber aus den Prüfungen der übrigen Teile der Laterne des ARISTOTELES (Schema III s. Fig. L). In den Rotulae und den darüber gelagerten Gabelstücken ist die Lage der optischen Achse zwar unter sich gleich, aber dennoch ganz verändert in bezug auf die der Skeletkapselplatten und auch der der Kiefer. Es macht den Eindruck, als seien diese Skeletstücke — wenn man sie mit Kapselplatten vergleichen will — vom Aurikelstadium ab gerechnet, um 90° gedreht nach innen geklappt worden, um sie in ihre jetzige Lage zu bringen.

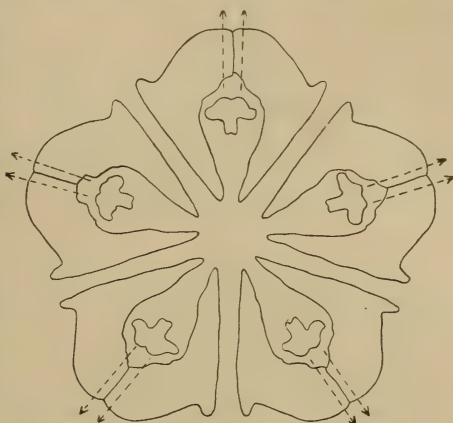


Fig. K.

Zahnpyramide von *Echinus esculentus*
Querschliff.

Die Pfeile geben die Richtung der Achsen an.

gedreht nach innen geklappt worden, um sie in ihre jetzige Lage zu bringen.

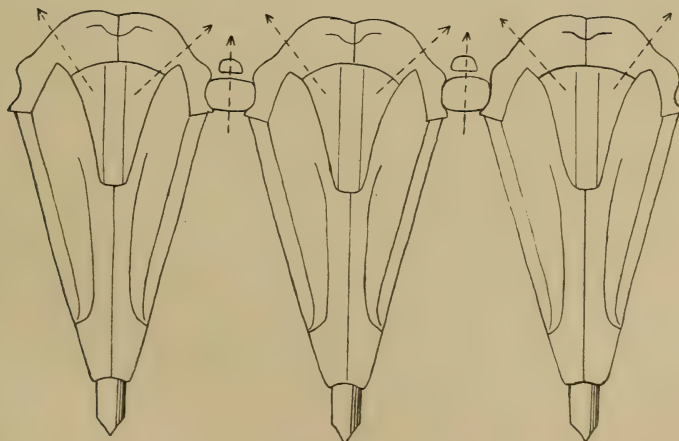


Fig. L.

Kauapparat von *Echinus esculentus* auseinandergelegt dargestellt.

Drei von fünf Teilen sind mit ihren Elementen dargestellt.

Die optische Achse ist darin durch Pfeile angegeben. Schema.

Noch größer ist die Umlagerung der Arcus zu denken, nimmt man für sie einen ähnlichen Ursprung an. Denn hier kommt neben dem Umklappen in das Rotulastadium noch eine weitere Drehung hinzu. Diese dachförmige Neigung der Arcushälften nach rechts und links hinunter um 45° bringt sie mit den entsprechenden Kieferstücken in Verbindung. Die Zähne der Echiniden sind nicht großkrystalliner Struktur. Zahlreiche Krystallisationszentren rufen bei ihnen einen Aufbau aus dünnen, stets gleichgestalteten Lamellen hervor. Über sie sind zwei Arbeiten erschienen, so daß von einer näheren Untersuchung in diesem Zusammenhang abgesehen werden konnte.¹⁾

Aus diesen Angaben ist zu erkennen, daß bei den Skeletelementen der regulären Echiniden eine sehr auffällige, nach unbekanntem Gesetz erfolgende Richtung der optischen Achse vorliegt.

Von irregulären Seeigeln ist je ein Vertreter der Clypeastriden und Spatangiden näher auf die Lage der optischen Achse in ihren Skeletteilen untersucht worden. Während die Achse in den Stacheln von *Spatangus purpureus* auch wieder in der Längsrichtung der Stacheln liegt und somit keine Abweichung vom Verhalten der Kalksubstanz in den Stacheln bei den Regularia vorliegt, hat die Richtung der optischen Orientierung in den Kapselplatten eine völlig andere Lage eingenommen. Sie ist sowohl bei den Spatangiden als auch bei den Clypeastriden radial angeordnet, d. h. sie fällt jeweils mit der Richtung eines von der Mitte der Platte nach dem Mittelpunkt des Tieres gezogenen Radius zusammen, steht also auf jeder Platte senkrecht. Dieses Verhalten ähnelt sehr den gleich zu besprechenden Befunden, die die Ophiuriden aufzuweisen haben. Erwähnenswert ist noch eine Eigentümlichkeit, die bei *Clypeaster rosaceus* auffällt. Dieses Tier ist durch eine außerordentlich dickwandige Schale ausgezeichnet. Aber damit noch nicht genug, treiben zahlreiche gegenüberliegende Platten der Ventral- und Dorsalseite oft mächtige Zapfen hervor, die in der Mitte des Körperraumes aufeinandertreffen, miteinander verschweißen und zu starken Strebpfeilern werden, auf denen das Dorsalgewölbe gleichsam ruht. In diesen Pfeilern sind nun die Moleküle des Calcits genau so geordnet

1) 1861, S. JAMES A. SALTER, On the structure and growth of the tooth of Echinus, in: Phil. Trans. Roy. Soc. London, Vol. 151, p. 384—407.
— 1880, WILHELM GIESBREECHT, Der feinere Bau der Seeigelzähne, in: Morphol. Jahrb., Vol. 6.

wie in den Platten; die optische Achse liegt daher ungefähr in ihrer Längsrichtung.

Ophiuriden. In den schuppenartig übereinander gelagerten Platten der Körperkapsel dieser Tiere steht auch die optische Achse jeweils radial zu den einzelnen Elementen. Anders verhält es sich dagegen im Armskelet. Wie aus der Fig. M zu erkennen ist, erweist sich die optische Achse zwar für die einzelnen Armplatten und Wirbel unter sich völlig gleichgerichtet; aber diese Richtung hat offenbar nichts mit der der Körperplatten zu tun. Nur eine einzige Plattenreihe im Armskelet macht eine Ausnahme von der

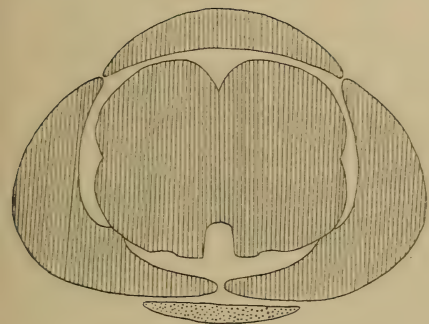


Fig. M.

Arm von *Ophioglypha lacertosa*, quer geschliffen. Die Schraffur und Punktierung gibt die Lage der optischen Achsen an.

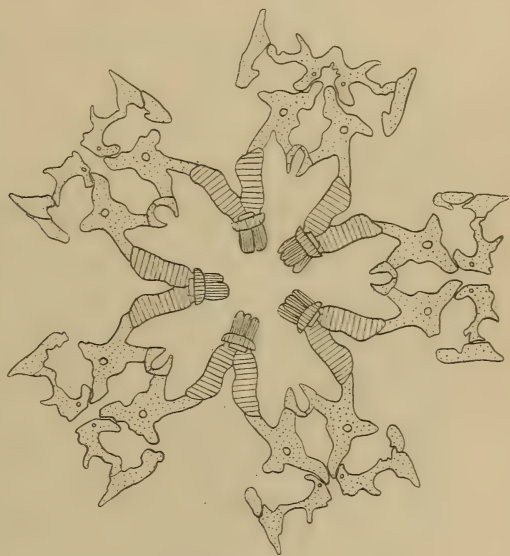


Fig. N.

Ophioglypha lacertosa. Schliff durch das Mundskelet. Die Richtung der optischen Achsen durch Schraffur und Punkte.

allgemeinen Orientierung. Es sind dies die Bauchplatten, von denen S. BECHER (1914a) hat nachweisen können, daß sie nicht eigentlich als Deckplatten aufzufassen sind, sondern daß sie aus umgewandelten Stacheln hervorgegangen sind. Wie allgemein für die Stachelgebilde gilt auch für sie, daß die Richtung der optischen Achse mit der morphologischen Längsrichtung zusammenfällt.

Auch innerhalb der Körperkapsel behalten die einzelnen Armstücke ihre optische Richtung, und besonders an diesen Stellen wird

der Gegensatz ihrer Richtung mit der der Körperplatten sehr auffällig. Man kann daher auch am Mundskelet gut verfolgen, welcher Herkunft die einzelnen Elemente sind. Nehmen wir die Skizze N zu Hilfe, so zeigt sich deutlich, daß die Mundeckstücke in ihrem hinteren Abschnitt auch nach den optischen Ergebnissen nichts anderes als modifizierte Wirbel darstellen. Zwar ist durch die Aufspaltung in die Wirbelhälften und die notwendig gewordene Verbindung eigentlich nicht zusammengehöriger Stücke die Lage der optischen Orientierung nicht mehr so starr eingehalten wie bei den typischen Wirbeln selbst, aber dennoch unverkennbar. Auch die von S. BECHER längst gehegte Vermutung, daß die kleinen Skeletstückchen zwischen den Mundeckstücken, die besonders schön bei *Ophioglypha lacertosa* zu sehen sind, nichts weiter als rudimentäre Armwirbel seien, hat durch die Untersuchung der optischen Orientierung eine Stütze erfahren. Die Achsen verhalten sich genau wie bei normalen Wirbeln. Auch die Stachelnatur der Zähne läßt sich durch das Einzeichnen der Lage ihrer optischen Achsen deutlich machen. In dem Torus ist die optische Orientierung dieselbe wie in den Stacheln, und damit würde dieses Skeletstück als eine in den Mundraum eingezogene Körperplatte anzusehen sein. Ähnlich verhält es sich auch mit den vorderen Abschnitten der Mundeckstücken. Sie sind zwar recht fest mit den hinteren Teilen verwachsen, aber das hindert nicht, daß in ihnen die optische Orientierung mehr der des Torus mit seinen Stacheln entspricht. Bei manchen Formen kommt nun noch dazu, daß auf ihnen Stacheln inserieren. Dadurch wird die Vermutung, in ihnen ein Gebilde ähnlicher Herkunft wie den Torus zu sehen, noch verstärkt.

Asteroidea. Die Lage der optisch ausgezeichneten Richtung bei den Skeletstücken dieser Tiere ist im wesentlichen die gleiche wie bei den Ophiuriden. Die untersuchten Skeletteile aus den Armen von *Astropecten aurantiacus* lassen unter sich wieder die Übereinstimmung in der Lage der optischen Achse erkennen. In allen Fällen steht sie senkrecht zur Dorsal- oder Ventralebene des Tieres. Auch die Platten, auf denen die Paxillen aufsitzen, weichen nicht vom allgemeinen Verhalten ab, ebensowenig wie die Stacheln. Bei letzteren fällt die optische Achse wieder mit der Längsrichtung zusammen. In dem Mundskelet findet man viel weniger umgeänderte Verhältnisse als bei den Ophiuriden. Die Lage der Achse in den einzelnen Elementen weicht nicht von der Hauptrichtung ab, die

sich in auffallender Einheitlichkeit durch den ganzen Asteroidenkörper verfolgen läßt (vgl. Fig. O).

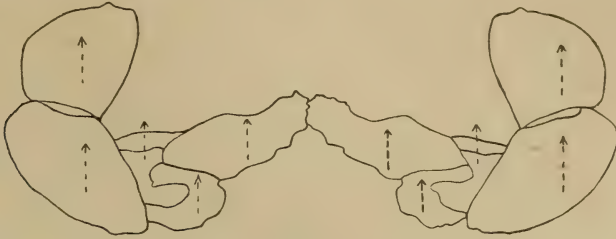


Fig. O.

Asteropecten aurantiacus. Querschliff durch einen Arm.
Die Achsenrichtung in den Elementen durch Pfeile angegeben.

Zusammengefaßt besagen die Ergebnisse der vorgetragenen Untersuchungen, daß bei allen Echinodermen eine eigentümliche und auffallende Ordnung in der Richtung der optischen Achsenlage ihrer Skeletstücke zu verzeichnen ist.

Der erste Forscher, der sich mit der Frage beschäftigte, ob von einer prinzipiellen Übereinstimmung der Richtung der optischen Achse in Echinodermen-Skeletteilen die Rede sein kann und ob eine Beziehung dieser optisch ausgezeichneten Richtung zur morphologischen Achse des Tieres besteht, war HESSEL. Schon im Jahre 1826 hat er auf diese Verhältnisse hingewiesen. Er gelangte nach der Untersuchung fossiler Skeletteile von Echinodermen zu dem Ergebnis, daß diese Stücke nichts anderes als homogene Kalkspatindividuen seien. Einer alten Auffassung gemäß legt er aber zu großen Wert auf die rhomboedrische äußere Gestalt des Calcits, und dies führt ihn zu Folgerungen, die wir heute nicht mehr anerkennen, so wichtig auch der Kern seiner Entdeckung sein mag.

Seine Zeit war noch nicht zu der Erkenntnis vorgedrungen, ein hexagonal-rhomboedrisches Krystallgefüge auch ohne die Ausbildung von Krystallflächen als solches zu betrachten. Wie eine Ahnung liegt ja schon etwas derartiges in den Schlußworten seiner Einleitung, wenn er sagt: „Mein Hauptzweck war zu beweisen, dass bei manchen Thierpetrefacten die weichen Theile des organischen Körpers einen wesentlichen Einfluss geäußert haben auf das Versteinerungsmittel, gemäss welchem im Moment des Todes die Hauptrichtungen der Lebensthätigkeit des Thieres

noch dahin wirkten, die unorganische krystallisirende Masse zu zwingen, eine Stellung anzunehmen, in der ihre Axen mit jenen Lebensaxen des Thieres gleich liegen, selbst in solchen Fällen, wo diese, der Natur des Krystallsystems der unorganischen Masse zu Folge, unmöglich scheinen sollte.“ Mag auch die eigentümliche Auffassung von dem Fossilisationsprozeß das Ihre zur Verwirrung der Probleme beigetragen haben, so steht für ihre, trotz des zugestandenen richtenden und vielleicht auch formenden Einflusses „der Lebensthätigkeit des Thieres“ fest, daß die versteinerten Pentacriniden-Stielstücke und Echinidenstacheln tatsächlich aus großen Kalkspatrhomboedern bestehen. Daraus erwächst ihm seine Aufgabe, die er folgendermaßen faßt: „Da die sämtlichen Versteinerungen von Strahlthieren, die ich bis jetzt untersucht habe (Theile von Pentacriniten, Encriniten, und einigen verwandten Thiergattungen, Caryophylliten, Echiniden) fünfgliedrigen Formensystemen angehören, und da die fünfgliedrigen Formensysteme nicht nur mit dem Krystallisationssystem des Kalkspaths, sondern auch mit den sämtlichen bisher aufgestellten Grundgesetzen der Krystallographie in direktem Widerspruch stehen, so ist es der vorzügliche Zweck dieser Abhandlung, zu zeigen, auf welche merkwürdige Weise die Natur dennoch so heterogene Gestalten verbunden auftreten läßt“ (p. 10 u. 11). Es ist selbstverständlich, daß ihm die Lösung dieser Aufgabe nur an dem besonders geeigneten Material der Stacheln und Stiele gelingt und daß er schon mit den Armverzweigungen und Kelchplatten der Crinoiden nichts rechtes anzufangen weiß. Die Verhältnisse dort widersetzen sich seinen Bemühungen, die Rhomboedergestalt mit der fünfstrahligen Symmetrie zu verquicken. Er ist sich dessen auch wohl bewußt; denn er schreibt einschränkend: „Am wenigsten zu genauer Beobachtung des Kalkspatgefüges geeignet sind diejenigen Stellen der Pentacrinitenkronen sowohl, als der Echinitenkronen, wo die verschiedenen Äste zusammenlaufen und gleichsam das Centrum der Krone bilden, dann diejenigen Glieder, die den Mund des Thieres zunächst umgeben, haben Gestalten, die zu sehr von jener Regelmäßigkeit abweichen, die im Cylinder und in der fünfseitigen Säule anzutreffen ist“ (p. 138—139). Vor allem aber war ihm unbekannt, daß die Grundlage zu dem eigenartigen Fossilisationsprozeß (vgl. p. 139—140) schon in dem großkrystallinen Gefüge der Skeletstücke zu suchen ist, deren äußere Form, obwohl im wesentlichen aus Kalkspat bestehend, ohne Be-

grenzung durch wahre Krystallflächen, von der spezifischen Tätigkeit eines lebendigen Organismus bedingt ist (EBNER, l. c. p. 134).

HESSEL konnte noch von einer plötzlichen Versteinerung des absterbenden Tieres reden und glaubte mit Recht sagen zu können „die Natur habe hier die Aufgabe, ein dreigliederiges Gestaltensystem mit einem fünfgliedrigen auf die möglichst symmetrische Weise zum combiniren, so vollständig gelöst, wie man es nicht erwartet, wenn man bedenkt, daß der Moment des Versteinerns derjenige war, im welchem das Thier den Todeskampf kämpfte“ (p. 136 bis 137). In dieser Auffassung liegt noch so halb und halb der geschichtlich interessante Gedanke, die Versteinerungen für willkürliche Spiele der Natur zu halten.

Erst 1841 ist der Zusammenhang der merkwürdigen Krystallstruktur fossiler Skeletelemente von Echinodermen mit dem großkrystallinen Gerüstbaue der lebenden Tiere von HAIDINGER aufgedeckt und damit der mystischen Anschauung HESSEL's ein Ende gemacht worden. Das rezente maschige Kalkgewebe dieser Tiere wird darnach durch den Fossilisationsprozeß mit minerogenem Kalkspat krystallin ausgefüllt, und zwar ordnen sich dessen Moleküle so, daß ein einheitliches Krystallgefüge daraus entsteht. Eine gewisse Ähnlichkeit hat dieser Vorgang mit dem Ergebnis des bekannten Versuchs, bei dem sich eine aus einem Krystall geschliffene Kugel in der Mutterlauge zu einem normal geformten Krystall regeneriert. Die Sache wird in unserem Fall nur insofern auffälliger, als die ganz verschiedenartige Herkunft der Elemente zu berücksichtigen ist, die sich hier gegenseitig ergänzen. Man kann auch in diesem Verhalten einen Beweis erblicken, daß das organismische Krystallgefüge nichts prinzipiell verschiedenes von dem minerogenen ist, zumal es STELZNER (1864, p. 565) gelungen ist, den Nachweis zu zu führen, daß bei dem Versteinern das eigentümliche Bälkchengewebe der Echinodermen-Skeletstücke erhalten bleibt und in den optisch völlig einheitlichen Fossilien noch zu erkennen ist. Der obengenannte Versuch, eine Kugel aus Krystallmaterial sich in der Mutterlauge wieder zum Krystall auswachsen zu lassen, ist — mutatis mutandis — von SOLLAS (1885a, p. 73) mit Erfolg ausgeführt worden. An Spongienkalknadeln konnte dieser Forscher beobachten, daß, nachdem er sie in Wasser gelegt hatte, das sauren kohlen-sauren Kalk gelöst enthielt, die Spicula sich mit einer Kruste von Krystallen aus Calciumcarbonat umkleidet zeigten, deren optische Achsen genau so lagen wie im Spiculum selbst. Ist es ihm auch

nicht geglückt, ein solches Spiculum völlig zum Rhomboeder auszuwachsen zu lassen, so scheint doch nach diesen Versuchen eine grundsätzliche Unmöglichkeit, dieses Ziel zu erreichen, nicht zu bestehen.

Diese Ergebnisse und eine Reihe anderer Tatsachen, die in späterer Zeit eine mehrfache Bestätigung erfahren haben, sprechen für die hohe Bedeutung des Krystallisationsprozesses bei der Spiculabildung. Sie ergänzen zwar HESSEL's Resultate nach einer Richtung hin, haben aber nicht verfehlt, „die ganzen Anschauungen über die Natur der Formbildung bei Entstehung der Gerüste zu beeinflussen und eine Überschätzung der rein anorganischen Faktoren dieses verwickelten Prozesses nach sich zu ziehen“ (BECHER, 1911, p. 69).

Mit seinen anderen Feststellungen, daß ein offener Zusammenhang zwischen der räumlichen Orientierung der Krystallmolekel nebst der daraus folgenden Richtung der optischen Achse in den Skeletteilen und der morphologischen Achse des Tieres angenommen werden muß, wußte man nichts Rechtes anzufangen. Die Literaturangaben darüber sind nicht eindringend, oft widerstreitend und unklar.

Man wird gewiß bei HESSEL die klare Fassung des hier verborgenen Problems vermissen, man mag auch unwillkürlich manches in seine Darlegungen hineinragen, was er sicher noch nicht eingesehen und was sich erst im Laufe der Kontroversen herausgeschält hat, so bestehen seine Angaben doch zu Recht. v. EBNER (1887) hat sie längst bestätigt, auch für rezentes Material. Meine Befunde schließen sich dem völlig an und vermehren sie durch neue Beobachtungen.

Unter dem Eindruck der reinen Krystallisationshypothese ist über diese Tatsachen hinweg an Spongien hauptsächlich der Nachweis zu führen versucht worden, daß eine einheitliche Lage der Achse nicht möglich sein kann. Es lag nahe anzunehmen, bei der Abscheidung und Entstehung der calcitischen Molekülverbände dem Zufall die Lagerung des Aggregats in der Plasmamasse zu überlassen. Dadurch muß aber die Lage der optischen Achse in den verschiedenen Skeletstücken eine völlig willkürliche werden, obwohl im einzelnen Skeletstück die Achsenlage einheitlich ist und auch beim Wachstum der ursprünglichen Anlage erhalten bleibt. Da doch die einzelnen Skeletelemente in dem syncytialen Skeletplasma des Organismus völlig unabhängig voneinander entstehen, so

wäre es im höchsten Grade auffällig, ja unverständlich, wenn wirklich in die Richtung der optischen Achsen der verschiedenen Stücke eine Ordnung gebracht werden könnte.

Die vorgetragene Ansicht, mit ihren für unseren Fall gezogenen Folgerungen, wird in der Literatur hauptsächlich von MAAS vertreten. Er hat seine Untersuchungen an Kalkspicula von Calci-spongien gemacht und ist dabei zu Resultaten gekommen, die er in folgenden Worten zusammenfaßt: „Das optische Verhalten aller untersuchten Nadeln entsprach durchaus dem des Kalkspats. Die wiederholte Untersuchung im Polarisationsmikroskop, sowohl im parallelen als im konvergenten Lichte zeigte in keinem Fall, auch nicht bei den größten und leichtest zu handhabenden Nadeln, irgendwelche Beziehung der kristallographischen Orientierung zur Achse der Nadel resp. eines Hauptstrahls“ (1914, p. 195).

Schon früher hat EBNER scharf einem ähnlichen Gedanken Ausdruck verliehen. Er schreibt auf p. 134 seiner Arbeit von 1887: „Krystallaxen sind physikalisch ausgezeichnete Richtungen eines Krystalles, welche parallel zu sich selbst verschoben, durch die ganze Substanz des Krystalles hindurch denselben physikalischen Wert haben, die aber nicht als wirkliche morphologische Axen auftreten. Es können daher die morphologischen Axen eines Dreistrahlers unmöglich mit einer Krystallaxe verglichen werden.“ Dasselbe gilt natürlich auch für die optische Achse des Skeletmaterials. Wenn auch EBNER auf p. 57 seiner Arbeit sagt, daß „in allen Kalkspiculis, mochten dieselben was immer für Formen haben, eine durchaus parallele Lagerung der optischen Elastizitätsachsen“ zu finden war, so läßt der Nachsatz „indem jede Kalknadel sich so verhielt, als wäre sie aus einem einzigen Kalkspatindividuum heraus geschnitten“, doch keinen Zweifel darüber zu, daß damit nur die einheitliche, großkrystalline Krystallstruktur der Spicula betont werden soll. An die Annahme einer Übereinstimmung der Achsenlagen der einzelnen Spicula unter sich in ihrer Anordnung im Organismus denkt er dabei nicht, ja er sträubt sich eigentlich dagegen. Indessen vertritt v. EBNER doch nicht den Standpunkt einer vollkommen unabhängigen Krystallisation bei der Spiculabildung wie MAAS, sondern hält die Annahme für berechtigt, daß „die innere Struktur durch eine eigentümliche Verteilung der Gemengteile mit der äußeren Form in Beziehung steht (1887, p. 134). Aber auch abgesehen von dieser hier uns weniger tangierenden Ausnahme stände v. EBNER doch nicht entschieden auf seiten derer, die eine unab-

hängige Krystallisation für das einzig richtige bei der Spiculabildung halten. Man hat den Eindruck, als sei er sich bewußt, daß die Probleme, die hier anklingen, nicht unter einen Namen zu bringen seien; andererseits lassen seine Ausführungen doch auch wieder im Stich, er hat zweifellos nicht den Überblick gehabt, den wir heute haben. Auf jeden Fall ist seine Stellungnahme nicht klar und entschieden. Denn es scheint doch ein Widerspruch darin zu liegen, wenn wir nach seinen obigen Auslassungen auf p. 89 folgendes lesen können: „Am Schlusse . . . möge noch ein flüchtiger Blick auf die Beziehungen der optischen Orientierung der Skeletteile zum ganzen Organismus des Schwammes geworfen werden.“

Eine überraschende Regelmäßigkeit zeigt sich bei den Syconen mit gegliedertem Tubarskelet (*Sycandra raphanus*, *elegans*, *Schmidtii*, *Sycortis quadrangulata*). Bei allen diesen Syconen sind die optischen Axen in der Gastralfläche in der Hauptsache der Längsaxe der Person parallel; in den Radialtuben aber parallel der Längsaxen dieser letzteren. An der Dermalfläche zeigen sich allerdings wechselnde Verhältnisse, die jedoch bei einzelnen Arten wieder typische Regelmäßigkeiten zeigen.“ Er verweist nun auf eine Figur, worauf diese Verhältnisse klar hervortreten, und fährt fort: „Bei *Sycandra Bucchichii* verhält sich die Gastralfläche, wie bei den früher genannten Syconen; es sind aber auch die großen dermalen Vierstrahler, deren lange Apicalstrahlen bis in die Magenöhle hineinragen, mit ihren optischen Axen annähernd parallel der Längsaxe der Schwammperson orientiert. Dagegen zeigen wiederum die subgastralen Dreistrahler, deren Basalstrahlen sich an die Apicalstrahlen der großen dermalen Vierstrahler anlegen, eine fast radiär zur Körperwand orientierte Anordnung der optischen Axen.“

Was die Leuconen anlangt, so ist es wegen der komplizierten Anordnung des Skelets schwer genauere Angaben zu machen; nur das läßt sich feststellen, daß auch bei diesen an Personen mit Mundöffnung in der Gastralfläche die optischen Axen sich wie bei den Syconen verhalten.“

v. EBNER erörtert noch einige Unregelmäßigkeiten und Abweichungen, kommt aber zu folgendem Schluß: „Wenn man nur die Ergebnisse an den Syconen im Auge hält, könnte man vermuthen, daß ein causaler Zusammenhang zwischen der optischen Orientierung der Skeletteile und der Richtung des Wasserstromes bestehe, doch scheinen einer solchen Vorstellung die Erfahrungen an den Asconen nicht günstig zu sein. Immerhin wäre ein solcher Zusammenhang

für die Zeit der ersten Anlage der Skeletttheile möglich; hat aber die Bildung einer Nadel einmal begonnen, so treten, wie aus den ... Thatsachen über fossile Echinodermenskelette wahrscheinlich wird, wohl die richtenden Einflüsse der einmal gegebenen Krystallstruktur entscheidend ein.“

Auch MINCHIN (1910, p. 207) findet, „that the triradiate system of calcarea exhibit a plan of crystalline symmetry, which is in relation to the morphological symmetry of the spicules themselves, and also, primitivly at least, to that of the sponge body“. Aber wo immer wir derartige Angaben finden, so scheinen sie doch sehr nebenbei erwähnt und nicht recht gewürdigt. Mögen diese Tatsachen auch für die reine Krystallisationshypothese auf den ersten Blick Schwierigkeiten haben — bei näherem Zusehen sind sie gar nicht so groß —, so kann man sich doch nicht ihr zuliebe diesen Argumenten verschließen. Bei der allgemeinen Unklarheit, die in der Literatur über die Spiculabildung herrscht, können die Erörterungen nur dann gefördert werden, wenn man sich einer möglichst klaren Fragestellung befleißigt.

Der rein anorganische Krystallisationsvorgang und die vitale Formgestaltung im Werden eines Spiculums sind scharf zu scheiden, und so mag die großkrystalline Eigenschaft des organismischen Kalkspats wenig mit der skeletbildenden Tätigkeit des Organismus zu tun haben. Die Spicula aus amorphem Material weisen ja deutlich genug darauf hin, daß das krystalline Gefüge der anorganischen Gerüstsubstanz nur dann zur Bedingung wird, wenn das Material in gelartiger Beschaffenheit nicht so fest ist, daß es die Stützfunktion im Körper übernehmen kann. Dies scheint bei der Anwendung von Calciumcarbonat tatsächlich der Fall zu sein. Im Gegensatz zum Opal ist bei ihm die verhältnismäßig labile Molekülanordnung in der amorphen Modifikation leichter geneigt, in die stabilere Gleichgewichtslage des krystallinen Gefüges überzugehen. Wenn wir somit der Auffassung zuneigen, daß bei Verwendung von Calciumcarbonat als Gerüstsubstanz beiläufig der Krystallisationsprozeß notwendig wird, er aber völlig unabhängig von organischen Kräften weder gefördert noch unterdrückt werden kann, so müßten sich auch die Calciumcarbonatmoleküle nur nach den ihnen eigentümlichen molekularen Kräften ordnen, um in eine krystalline Gleichgewichtslage zu gelangen. Mit Recht schließen wir aus der grundsätzlichen Gleichheit der allgemeinen physikalischen Eigenschaften dieser organismischen Krystalle mit denen des minerogenen Kalkspats, daß die

gleichen Krystallisationskräfte bei ihrer Bildung am Werke sind. Der Grund für die Unterschiede ist nur in äußeren Faktoren zu suchen, die bei der Auskrystallisation formändernd eingreifen oder nachgewiesenermaßen eine leichte Abänderung mancher physikalischer Eigenschaften hervorrufen. Aber stets haben wir es beim organischen Kalkspat noch mit typischem Kalkspat zu tun. Es stimmt mit der modernen Auffassung eines Krystalls¹⁾ überein, seine äußere, ausgebildete Form wohl abhängig von seinem inneren Gefüge zu betrachten, sie aber keineswegs mehr in so starre Verknüpfung mit der molekularen Struktur zu setzen, daß bei der Unmöglichkeit ihrer Ausbildung auch der typische innere Aufbau des Krystalls Not litte.

Danach wäre es theoretisch nicht unmöglich, Krystallen eine beliebige äußere Gestalt aufzuprägen. Daß Spicula künstlich dargestellt werden könnten, ist damit noch nicht gesagt; dies wird nur dann der Fall sein, wenn auf irgendeine Weise formend auf die wachsenden Krystalle in der Mutterlauge eingewirkt werden kann.

Nach Obigem braucht nicht besonders darauf hingewiesen zu werden, daß wir die Skeletformen in all ihrer Mannigfaltigkeit unter keinen Umständen als eine Krystallisationsmöglichkeit des Kalkspats auffassen, mag nun dieser Gedanke so gedeutet sein, wie er bei HESSEL schon zu finden ist, oder mag er in Gestalt der feineren, modernen WOODLAND'schen Krystallomorphentheorie mit ihren Nebenfaktoren auftauchen. Die rhomboedrische Symmetrie des krystallinen Calciumcarbonats hat nach unserer Auffassung ebensowenig mit der fünfstrahligen Symmetrie der Crinoidenstielglieder zu tun, wie die Form der „coalescence bodies“ RAINEY's u. ORD's, oder die Gestalt der „crystallomorphs“ WOODLAND's mit der jetzigen Form irgend eines der Skeletelemente zu tun hat. Wir sind weit davon entfernt, die Untersuchungen über diese in kolloidalen Medien formverändert

1) WOODLAND scheint das nicht anerkennen zu wollen. Er schreibt in der Anmerkung auf p. 67: „It is important, in view of the loose application of the term, that I should explain that by a crystal I mean a mass of matter, which has assumed, on solidification from a dissolved or fused conviction, a form bounded by plane surfaces referable to one of the six systems recognised by the crystallographers.“ Im Text seiner Arbeit fährt er dann fort: „To put the argument in brief, we may reiterate, that no crystal possesses curved surfaces [? d. Verf], and, since no spicule exists without them, therefore no spicule is a crystal“.

Darin liegt dieselbe ganz altertümliche Überschätzung der äußeren Krystallform, der wir schon bei HESSEL begegnet sind und die im gewissen Sinne auch bei EBNER zu finden ist.

auskrystallisierenden Krystalloide zu unterschätzen. Aber auch wenn wir zugeben, daß die rein physikalischen Erscheinungen bei der Krystallbildung in Kolloiden noch gar nicht annähernd klar-gestellt sind und übersehen werden können, so spielt bei der Spicula-bildung noch ein besonderer Faktor hinein. Es muß betont werden, daß es dem Organismus möglich ist, neben gleichzeitiger Unterdrückung der ihr eigenen natürlichen Gestalt, jedoch unter Beibehaltung ihres calcitischen Gefüges, der Skeletsubstanz eine seinen Zwecken genaue Form aufzuprägen, und daß diese Form sich historisch ent-wickelt hat.

Nach dieser Trennung des Formproblems der Kalkskelete von ihrem molekularen Aufbau können wir die durch letzteren bestimmte Lage der optischen Achse und ihre Beziehung zur morphologischen Achse des Organismus bzw. ihre Ordnung im Organismus näher ins Auge fassen.

Von der Formbildung sowohl als auch von der Krysallisation läßt sich dieses Problem scheiden. Obwohl natürlich in letzterer Frage verankert, rückt es aber doch auf den Anfangspunkt der Krystallisation hin. Zu seiner Beantwortung genügte es, zu wissen, wie es kommt, daß die Uranlage des Spiculums, die erste abge-schiedene Molekel, bestimmt gerichtet wird und gerichtet werden kann. Denn nach der Festlegung des allerersten Molekülkomplexes läßt sich das weitere Wachstum nach krystallographischen Gesetzen verstehen. v. EBNER hat schon darauf hingewiesen (vgl. S. 76 u. 77 dieser Arbeit).

Für die Echinodermenskelete glauben wir durch die Ergebnisse aus dem ersten Teil dieses Abschnitts unzweifelhaft festgestellt zu haben, daß eine eigentümliche Ordnung in der Richtung der optischen Achsenlage ihrer Skeletstücke im Organismus besteht, und es erhebt sich die Frage, wie diese Anordnung möglich ist. Die Richtung der optischen Achsen im Spongienkörper glaubte man durch das Strömen des Wassers im Körper der Schwämme hervorgerufen. Für die Echinodermenskelete kann aber ein Wasserstrom kaum in Betracht kommen, wie es denn überhaupt schwer einzusehen ist, daß die Strömung als solche durch die Plasmawand des Spongienkörpers hindurch auf die ersten winzigen Moleküle richtend wirken kann.

Noch weniger können für die geordnete optische Achsenlage im Echinodermkörper molekulare Krystallisationskräfte verantwortlich gemacht werden, da die Skeletstücke nicht im Zusammenhang mit-

einander entstehen, sondern jedes für sich allein. Überdies ist augenfällig genug, daß die genannte Anordnung ein krystallographisches Gepräge durchaus nicht besitzt; denn auch bei ursprünglich sehr nahe aneinandergelagerten Krystallisationszentren, wo vielleicht durch Aneinanderstoßen der entstehenden Teile am ehesten an einen solchen Einfluß gedacht werden könnte, zeigt sich nichts Derartiges; die optische Achse kann in solchen Stücken gänzlich verschieden liegen, wie die Abbildung vom Mundskelet der Ophiuriden-Figur sehr deutlich zeigt. Darauf konnte ja auch BECHER (1914a) seine morphologische Analyse der Echinodermenskelete gründen.

Ehe wir auf die mutmaßliche Ursache der Richtung der optischen Achsen im Skeletkörper der Echinodermen zu sprechen kommen, müssen wir darauf bedacht sein, dem schon erwähnten v. EBNER'schen Einwand zu begegnen, wonach ja eine Ordnung in der Richtung der optischen Achsen a priori ein Unding ist. MAAS hat diese EBNER'sche Ansicht später auch noch einmal in den Vordergrund gerückt und unterstrichen, aber beide Forscher haben doch, wie mir scheint, etwas sehr wichtiges übersehen, und deshalb wird ihre Folgerung falsch.

Wir haben bisher der Kürze halber immer von der „Anordnung der optischen Achsen“ geredet. Bei der unwillkürlichen Suche nach der Ursache dieser sonderbaren Erscheinung ist es nötig zu betonen, daß wir damit nicht sagen wollen, der Organismus habe es für zweckmäßig gefunden, einmal Ordnung in die Lage der optischen Achsen seiner Skeletstücke zu bringen oder etwa mit Hilfe der optischen Achsen seine Skeletelemente zu richten. Würden wir uns doch diese Vorstellung, die in der Literatur in mancher Bemerkung versteckt hier und da leise anzuklingen scheint, zu eigen machen, so träfe uns mit Recht v. EBNER's Einwurf. Denn er sagte, die optischen Achsen seien nichts Materielles, sondern etwas Mathematisches, etwas Abstraktes, woran also eine richtende Kraft im Organismus keine „Handhabe“ finden kann, die es erlaubte, die Krystalle zu „fassen“ und zu richten. Und das mit Recht. Aber wenn auch der EBNER'sche Einspruch bis hierher natürlich und einleuchtend ist, so ist ebenso klar, daß eine Ordnung in der Achsenlage herrscht. Das sah man auch an Spongien. Aber bei der Suche nach der Ursache dieser Erscheinung fand man keinen tatsächlichen Zusammenhang. Die beobachtete Tatsache mußte, wenn nicht falsch, so doch zufällig sein, und hatte somit ihre Bedeutung verloren. Gewiß besteht eigentlich kein ursächliches Ineinandergreifen zwischen

der übereinstimmenden Richtung beider Achsenarten, z. B. in einen Stachel. Wir können nicht sagen, weil die morphologische Achse so liegt, so muß auch die krystalloptische so gelagert sein. Das ist eine Parallelerscheinung, die die Wirkung von selbständigen Ursachen sein kann, deren Ursache aber erst gemeinsam und nicht leicht erkennbar zu sein braucht. Das EBNER'sche Ergo ist nämlich deshalb falsch, weil die Möglichkeit des Gerichtetwerdens der CaCO_3 -Moleküle sowohl als auch der optischen Achse beide ihre Ursache in den Symmetrieverhältnissen der Kalkspatmoleküle haben. Mit Hilfe der optischen Achse braucht ja gar nicht gerichtet zu werden; die optische Achse kann nicht gerichtet werden. Sie ist und bleibt für den Organismus etwas „Unfaßbares“, etwas, womit er gar nichts zu tun hat. Aber sie ist gerichtet, sobald die Moleküle der Skeletsubstanz ihre besondere Anordnung erfahren haben; denn sie richtet sich eben mit ihnen. Sie ist uns daher ein Hilfsmittel und nur ein Hilfsmittel, woran wir erkennen können, daß eine Richtung der Moleküle vorliegt. Somit bekommt nun die Ordnung der optischen Achsen im Organismus, vor der man bisher geradezu die Augen schloß, weil nach der theoretischen Erwägung diese Tatsache überraschend, unerwartet und unerklärlich erschien, ihren besonderen Sinn. Sie ist nur eine Nebenerscheinung und nicht mehr als Selbstzweck zu betrachten. Die Richtung der Moleküle ist recht eigentlich die Hauptsache und nicht die Lage der optischen Achse. Wenn wir daher den historischen Ausdruck von der Lage der optischen Achse hier in diesem Zusammenhang gebraucht haben, so war stillschweigend immer das tiefere Problem damit gemeint.

Danach zeigt uns aber die im Anfangsteil dieses Kapitels nachgewiesene Ordnung in der Lage der optischen Achsen im Skeletkörper an, daß die Moleküle des Calciumcarbonats orientiert worden sind und daß es dem Organismus auf irgendeine Weise möglich ist, die Moleküle zu orientieren. Die genannte Ordnung ist also biologischer Natur, und zwar auch aus folgendem Grund: sie wird vererbt, um es kurz, aber mit der nötigen Reservatio mentalis zu sagen. Denn wie wäre sonst einzusehen, daß z. B. alle Seeigel einer Species völlig in der optischen Orientierung ihrer entsprechenden Skeletstücke übereinstimmen, wie wäre es zu verstehen, daß beispielsweise alle Exemplare von *Metacarinus*

acutus Stiele besitzen, worin die optische Achse der einzelnen Kalkglieder mit der morphologischen zusammenfällt! Wäre es nicht verständlicher, daß bei diesen Skeleten die optischen Achsen der einzelnen Bestandteile wahllos nach jeder Richtung lägen, wie etwa bei dem molekularen Chaos des Korallenkalkes?! Die großkrystalline Beschaffenheit der einzelnen Stücke würde dabei ruhig bestehen können.

Warum auf die geordnete Lage der optischen Achse von dem Organismus Wert gelegt wird, ist nicht bekannt. Immerhin wären zwei Gesichtspunkte dabei zu beachten. Einmal könnten im Organismus Kräfte auftreten, die die Richtung der Moleküle übernähmen, wobei aber die Richtung selbst wieder eine nebensächliche Begleiterscheinung der Kräfte wäre, deren Entfaltung einen anderen Zweck hatte. Dies würde nichts an der interessanten Tatsache ändern, daß die Moleküle eben von nicht krystallographischen in diesem Falle organischen Kräften gerichtet werden können. Von besonderem Wert müßte dagegen die Erscheinung werden, wenn der Nachweis gelänge, daß eine absichtliche, räumliche Anordnung der Moleküle vorläge; wenn etwa physikalische Eigenschaften der Skeletsubstanz den Organismus veranlaßten, die Richtung vorzunehmen. So könnten z. B. die krystallinen Kohäsionsverhältnisse bei Anwendung von CaCO_3 als Skeletsubstanz es nötig machen, die bestmögliche Beanspruchungsrichtung herauszufinden und herbeizuführen.¹⁾

Danach wäre bei den sekundär in der Körperform veränderten Spatangiden und Clypeastriden die festgestellte Abweichung der Achsenlagen vom regulären Seeigeltypus nicht auffällig. Die anders geartete Beanspruchung des Skeletmaterials hätte eben die andere räumliche Anordnung seiner Moleküle bedingt. Der Mechanismus der in Rede stehenden

1) Hier könnte man vielleicht einwenden, daß in den Stacheln die optische Achse auch immer gleich gerichtet liegt, und bei ihnen könne man doch von einer mechanischen Beanspruchung nicht reden, wie etwa bei einem Kieferstück von *Echinus*. Dieser Einwand ist aber doch nicht stichhaltig; denn wenn auch die Stacheln (Rückenstacheln etwa) nicht ständig beansprucht werden, so kann dies aber jederzeit eintreten. Überdies sind sie alle schon seit ihrem ersten Entstehen an ihrer Basis mechanisch beansprucht, dadurch daß die Muskelmanchette sie auf den Gelenkkopf drückt. Wenn in solch allererstem Zustand eine besondere Richtung der Stachelmoleküle durch den Zug der Muskeln hervorgerufen würde, so müßte sie nach unseren krystallographischen Erfahrungen genügen, um die orientierte Richtung der optischen Achse im erwachsenen Stachel verstehen zu können.

Anordnung wie auch die ihn etwa bedingenden Eigenschaften der Skeletsubstanz wären wohl experimentell zu ermitteln.

Die an anderer Stelle erscheinende Arbeit über Gleitungserscheinungen wird lehren, daß grobmechanische Einwirkungen imstande sind, die Anordnung der Skeletmoleküle zu beeinflussen. Aber sie kommen nur für besondere Teile an den Kalkstücken in Betracht und sind nicht auch für die allgemeine Ordnung verantwortlich. Hierfür müssen wir einen feineren Orientierungsmechanismus annehmen, der, wie wir gesehen, vererbt werden kann und somit an jedem Tier, seinen Vorfahren wie Nachkommen, die gleichen Wirkungen, die gleiche Lage der optischen Achsen hervorbringt. Wir müssen daher auch umständlicher, aber richtiger sagen, daß nicht die Lage der optischen Achse vererbt wird, sondern die Möglichkeit, die „Vorrichtung“, die Anordnung der Moleküle jedesmal so und nicht anders hervorzubringen, wie es sich im Organismus vorfindet.

Nach diesen Präliminarien kommt man zu folgender Vorstellung von dem Mechanismus, der die Richtung der Moleküle im Organismus besorgt, mag sie absichtlich oder unabsichtlich als Nebenerscheinung erfolgen. Es ist bekannt, daß der Kalkspat gewisse Symmetrieverhältnisse besitzt; sie sind im Grunde durch entsprechende Symmetrieverhältnisse der CaCO_3 -Moleküle hervorgerufen, die ihrerseits als Ursache wieder die räumliche Anordnung der Atome haben. Nehmen wir nun an, daß die Moleküle unserer Skeletsubstanz — ganz wie der CaCO_3 -Krystall — auch eine Hauptsymmetrieebene besäße¹⁾ und senkrecht zu ihr in Richtung ihrer Hauptachse in die Länge gestreckt wären, so wäre leicht zu verstehen, daß die länglichen Moleküle sich in Richtung von auftretenden Plasmaspannungen lagerten, ähnlich etwa wie langgestreckte Holzstücke, die beweglich befestigt auf fließendem Wasser schwimmen, sich in die Stromrichtung einstellen. Das Auftreten dieser Spannungen ist natürlich ein biologisches Problem. Isotrop krystallisierendes Skeletmaterial könnte danach nicht biologisch gerichtet werden.

1) Daß die Moleküle Symmetrieverhältnisse besitzen, scheint auch experimentell durch die durch RÖNTGEN-Strahlen gewonnene Aufklärung über die Natur der flüssigen Krystalle bewiesen; bei ihnen ist es nicht die raumgitterartige Molekülanordnung, welche die optischen Ereignisse hervorruft, sondern die Lagerung der Atome.

E. Der Farbstoff im Skelet der Echiniden.

Nachdem das Kalkgerüst von Seeigeln in der erwähnten Weise mit Eau de Javelle gereinigt, zeigte sich, daß die eigentümliche Farbe der Skeletstücke noch in keiner Weise von den die organischen Bestandteile herauslösenden Agenzien in Mitleidenschaft gezogen worden war. Im Gegenteil, an den Platten und Stacheln trat die Farbe erst nach der Lösung der protoplasmatischen Teile in wunderbarer Klarheit aller ihrer Töne und Abstufungen zutage. Die Untersuchung von Querschliffen durch derartig gefärbte Skeletplatten hat gezeigt, daß der Farbstoff den Querschliff nur in einem schmalen Bande durchsetzt und sich in den meisten Fällen nur auf die äußerste periphere Zone des Kalkgerüsts beschränkt. Gewöhnlich erscheint das hinter der Farbschicht gelagerte Gewebe blütenweiß und wohl abgesetzt von der Pigmentzone. Es kommen aber auch Fälle vor, bei denen die Kapselplatten auf ihrem ganzen Querschnitt leicht getönt sind; dabei fehlt ihnen aber durchaus nicht die nach außen abschließende sehr stark gefärbte Bälkchenschicht. Bei den Stacheln sind oft mehrere Farbmäntel zu unterscheiden, die auf Querschnitten wie Jahresringe im Holz angeordnet sein können und die jeweilige Zone der Abscheidung kennzeichnen. Der Grund dafür liegt darin, daß die Platten nach innen in die Dicke wachsen, während die Außenschicht die gleiche bleibt; dagegen legen sich am Stachel nach außen zu immer neue Schichten auf, die stets von neuem gefärbt werden. Manche Umstände in der Aufeinanderfolge der helleren und tiefer getönten Farbzonen in den Stacheln lassen indessen die Vermutung zu, daß es sich dabei gar nicht um einzelne Perioden der Farbstoffabsonderung handelt. Vielleicht wird der Farbstoff jederzeit ganz gleichmäßig abgeschieden, muß aber in Zeiten stärkeren Wachstums der Stacheln ausreichen, um eine größere Menge der Bälkchen zu pigmentieren. Erst wenn die Abscheidung des Calciumcarbonats wieder langsamer vor sich geht, kann er sich mehr und mehr zu einer tiefer gefärbten Zone verdichten. Dadurch wäre das gleiche Bild erreicht, und, so aufgefaßt, wären also die intensiveren Farbringe die Anzeichen dafür, daß das Wachstum der Stacheln auf ein Mindestmaß herabgedrückt worden ist.

Das Farbenspiel der Skeletplatten von *Echinus esculentus* läßt sich bei näherer Beobachtung auf zwei Farbtöne zurückführen. Wir finden über alle pigmentierte Platten ein leicht braunes Rot ge-

breitet; völlig rein tritt es aber meist nur an den Rändern auf. In ganz auffälliger Weise findet sich diese Farbe an denjenigen Teilen der Ambulacralplatten völlig zurückgedrängt, die von den Füßchenkanälen durchbohrt werden. Diese Stellen werden von einem reinen blauvioletten Farbton beherrscht. Ganz die gleiche Farbe findet sich auch an fast allen übrigen Platten und zwar hauptsächlich in der Mitte. Dort überlagert sie in kleineren Flecken in einer mehr oder weniger großen Schichtdicke die rote Farbe und bringt in Gemeinschaft mit dem Rot die braunen bis schwarzvioletten Schatten auf dem Skelet hervor. Unter dem Mikroskop läßt sich beobachten, daß an der Grenze von einem Farbflecken zum anderen die Bälkchen hier noch rot und nebenan violett gefärbt sind. Die Grenzen sind dabei schärfer, als man es erwartet, und es entsteht dabei zuweilen der Eindruck, als gingen die Farben nicht ineinander über.

Irgendwelche Strukturen an der Oberfläche oder in den gefärbten Bälkchen selbst sind nicht beobachtet worden. Der Farbstoff umkleidet nicht die Bälkchen von außen, sondern sitzt zwischen den Molekülen der Gerüstsubstanz eingebettet. Es handelt sich hier um eine vollkommen homogene Tönung des krystallinen Calciumcarbonats. Wir nehmen daher an, daß der Farbstoff bei der Entstehung des Skelets gleichzeitig mit abgeschieden worden ist. Die Färbung wäre dann auf ähnliche Weise hervorgebracht zu denken, wie LEHMANN (1894) auf künstlichem Wege seine homogen gefärbten Krystalle erzielt hat. Allerdings brauchte dieser Forscher dazu auch eine in bezug auf die Farbe gesättigte Mutterlauge, während von dem Vorhandensein einer gesättigten Farbstofflösung im skeletabscheidenden Plasma nichts bekannt ist. Andererseits wissen wir, daß, wie später zu zeigen sein wird, bei der Färbung des Skelets die Belichtung eine wesentliche Rolle spielen muß. Ob das Licht die Farbaufnahme direkt beeinflußt oder ob die Farbablagerung eine Antwortreaktion des Plasmas auf den Lichtreiz bedeutet und vielleicht zum Lichtschutz geschieht, muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls bieten LEHMANN'S Versuche über die Entstehung dilut gefärbter Krystalle keine Handhabe für Erklärung dieser Lichtwirkung.

Eine nachträgliche Tingierung des schon fertig auskrystallisierten Gerüsts ist aus mancherlei Gründen kaum anzunehmen. Einmal sprechen dagegen die Ergebnisse von Versuchen, die darauf hingeeht haben, den Farbstoff aus den Skeletstücken auszuziehen. Es war nicht möglich, bei Erhaltung und Schonung des krystallinen und auch molekularen Gefüges der Skeletsubstanz den Farbstoff auf

irgendeine Weise herauszulösen. Später wird zu zeigen sein, daß es nicht an Flüssigkeiten mangelt, die ihn zur Lösung bringen können, wenn er ihnen zugänglich gemacht wird. Umgekehrt ist daraus zu schließen, daß der Farbstoff in den Bälkchen nur deshalb allen Lösungsversuchen trotzt, weil er, im Molekularverband des CaCO_3 wohl geborgen, vor angreifenden Stoffen geschützt ist. Weiter ist zu bedenken, daß bei der Annahme einer nachträglichen Färbung des schon fertigen Skelets sich auch noch nicht eingedrungener Farbstoff auf der Oberfläche der Bälkchen hätte finden müssen. Ganz besonders sprechen aber dagegen die Ergebnisse von künstlich versuchten Färbungen kleiner weißer Skeletteile von Seesternen und aus dem Kauapparat von Echiniden. Es ist dazu eine alkoholische Lösung von Echinidenfarbstoff verwendet worden. Äußerlich erschien die Färbung dieser Stücke wohl homogener als das natürliche Pigment, aber die erzielte Tönung unterschied sich fast gar nicht von blauvioletten natürlich erzeugten Farbfecken. Auffällig war eigentlich nur das Stumpfe im Ton der künstlich gefärbten Kalkstückchen. Auf Dünnschliffen, die nach der Färbung und Trocknung der Skeletteile angefertigt worden waren, stellte sich dann auch heraus, daß von einem Eindringen der Farblösung in die Substanz der Bälkchen nicht die Rede sein kann. Es ist durchaus nicht der Eindruck erweckt worden, als ob das krystalline Gefüge des Calciumcarbonats winzige Poren besäße, durch die ein Vordringen der Farbstoffmoleküle nach dem Inneren der Bälkchen möglich gemacht wurde. Alle künstlich erzeugten Färbungen der Echinodermenkalknetze beruhen auf der Adsorption des Farbstoffes auf der Außenseite der Bälkchen und der oberflächlichen Auskleidung der im normalen Zustand von organischer Substanz erfüllten Poren.

Obwohl die nur äußerlich haftende Anfärbung mit natürlicher Skelettfärbung gar keine Ähnlichkeit besitzt, könnte sie vielleicht während des Wachstums doch zu einer diluten Färbung werden. Wenn die wachsende Oberfläche eines Skeletstückes fortwährend Farbstoffteilchen adsorbierte, die durch die Kalkabscheidung zur gleichen Zeit in das Innere gelangten, während die neuen ultramikroskopisch dünnen Kalklamellen außen von neuem adsorbierten, so könnte eine kontinuierliche Anfärbung zustande kommen.

Die künstliche Herstellung dilut gefärbter Krystalle durch LEHMANN geschah unter anderen Bedingungen. Bei seinen Experimenten lag eine Mutterlauge von Krystallstoff und Farbstoff vor, die in bezug auf beide Komponenten gesättigt sein mußte.

Der genannte Autor schreibt (1894) auf p. 62: „Ist beispielsweise die krystallisierende Substanz Meconsäure, der zugesetzte Farbstoff Saffranin, so besitzt die gemischte Lösung (als Lösung von Saffranin betrachtet) nicht nur einen Sättigungspunkt in Bezug auf Saffraninkrystalle, sondern auch in Bezug auf Meconsäurekrystalle. Wird nun bei fortschreitender Abkühlung der Sättigungspunkt der gefärbten Lösung (als Meconsäurelösung betrachtet) überschritten, so beginnt die Ausscheidung von Meconsäurekrystallen, so lange aber die Lösung, als Saffraninlösung betrachtet, in Bezug auf die Krystalle noch ungesättigt ist, wachsen diese ungefärbt weiter. Erst wenn mit weiter sinkender Temperatur die Flüssigkeit als Saffraninlösung in Bezug auf die Meconsäurekrystalle ihren Sättigungspunkt erreicht, beginnt die Aufnahme von Saffranin und die bereits gebildeten Krystalle umgeben sich mit einer bei fortgesetzt sinkender Temperatur immer dunkler werdenden gefärbten Rinde, ähnlich wie z. B. Alaun in einer mit Chromalaun gefärbten Lösung sich mit einer violetten, Chromalaun enthaltenden Rinde umgibt.“ — Wie schon früher bemerkt, wissen wir nichts von dem Vorhandensein einer konzentrierten Farbstofflösung im skeletogenen Plasma, so daß wahrscheinlich die von LEHMANN gefundene Bedingung nicht erfüllt ist. Es wäre aber zu bedenken, ob bei kolloid gelösten Farbstoffen — und viele sind zum Teil kolloidal gelöst — die hohe Konzentration des Farbstoffes nicht durch die Adsorption auf der Oberfläche vertreten werden kann. Die dilute Färbung wäre dann das Resultat einer mit gleichmäßigem Wachstum kombinierten oberflächlichen Farbstoffadsorption.

Dabei ist aber zu beachten, daß es an jeder Seeigelschale, die wir daraufhin ansehen, Stellen gibt, an denen die Farbstoffablagerung ganz unterblieben, das Maschenwerk also weiß erhalten ist, während an anderen sich die Pigmentierung viel schwächer zeigt.¹⁾

1) In diesem Zusammenhang wäre auch noch auf eine Besonderheit bei der Tinktion der Echinidenskelete hinzuweisen, die bei dilut gefärbten Krystallen nicht gang und gäbe ist. Es ist auffällig, daß zu gleicher Zeit auf der Schale von *Echinus esculentus* rote und blaue Flecken entstanden sind. Bei *Strongylocentrotus lividus* sind auch zwei Farben festzustellen. Im allgemeinen ist bei ihm zwar die Schale von einheitlich grüner Farbe, aber immerhin finden sich sehr ausgesprochene violette Flecken, ganz abgesehen von dem großen Gegensatz, der in dieser Hinsicht zwischen Stacheln und der Körperkapsel herrscht. Die Stacheln sind meist tief violett, die Kapsel wie erwähnt, grün.

Zunächst ist es von Bedeutung, daß die Pigmentierung im allgemeinen nach dem Mundfeld der Tiere hin stark nachläßt. Dies kann so weit gehen, daß sich in der unmittelbaren Umgebung der Mundöffnung oft genug rein weiße Skeletplatten finden. Wie öfters im Tierreich ist auch bei diesen Organismen die dem Boden zugewandte Körperseite weniger stark pigmentiert als die abgewandte. Dafür könnten zwei Umstände verantwortlich sein. Einmal konnte es sich um eine im Laufe von Generationen entstandene Anpassung an die Umgebung handeln, um eine sympathische Färbung, die möglicherweise vom Licht ganz unabhängig wäre. Diese Schutzfärbung würde, wie die Schutzfarbe eines Schmetterlings, natürlich nur an der sichtbaren Oberseite Zweck haben und nur dort entstanden sein. Andererseits könnte die Färbung der Oberfläche eine mehr unmittelbare Wirkung des Lichtes darstellen, das die beschattete Unterseite weniger beeinflussen würde. Dann wäre aber ein dadurch entstehender Schutz sekundärer Art und vielleicht ganz illusorisch.

Für die Echiniden scheint die Schutzwirkung der Färbung vor Nachstellungen kaum in Betracht zu kommen. Schon die starke Stachelwehr würde die Schutzwirkung der Farbe etwas überflüssig erscheinen lassen. Dazu lehrt die Beobachtung, daß man z. B. die olivenfarbenen, blauen oder violetten, also stets dunklen *Strongylocentrotus*-Varietäten oft in großer Anzahl in den von den Wogen der Adria weiß gescheuerten Kalkfelsen der seichten Uferregion eingegraben findet.

Die genauere Beachtung der Farbenverteilung im einzelnen beweist indessen unzweideutig, daß eine unmittelbare Abhängigkeit des Farbauftretens von der Belichtung vorliegt.

In diesem Zusammenhange erscheint es nicht zufällig, daß neben der wenig belichteten Unterseite die im Innern der Seeigelschale gelegenen Skeletteile gänzlich farblos sind. Der ganze im Dunkel befindliche Kauapparat, nebst den Aurikeln, ist stets vollkommen weiß; ebenso sind die Kalkbalken, die das Gehäuse der Clypeastriden im Innern stützen, nicht gefärbt. Auch ist bemerkenswert, daß die mit dichter Haut versehenen Seeigel (wie die Asteriden und Ophiuriden) ganz ungefärbte Skelete haben können.

Einen weiteren Beweis unserer Auffassung erblicken wir in folgender Tatsache. Jeder Stachel wird mit dem Rand des Warzenhofes seines Höckers durch eine rings verlaufende lichtdichte Muskelmanschette verbunden. Alles was von dieser Manschette verdeckt

wird, also Stachelbasis, Gelenkwarze und Warzenhof, bleiben rein weiß, während die Stacheln und Platten sonst lebhaft gefärbt sind.

Man kann zwar einwenden, daß die nicht belichteten Stellen auch nicht gesehen würden und ihre Färbung daher wegen Fehlens des Selektionswertes von dort lagerndem Pigment für die Schutzfärbung unterblieben wäre. Indessen kommt es bei der Schutzfärbung zu sehr auf den allgemeinen Eindruck (zumal beim Fehlen scharf sehender Verfolger) an, um eine so exakte Durchführung der Färbung nach dem Wahrnehmbarkeitsgesichtspunkt verständlich zu machen. Beim Nachtfalter liegt gerade die Schutzfarbe nur auf den sichtbaren Vorderflügeln, aber die Hinterflügel und die Unterseiten sind doch auch pigmentiert. Und so würde es auch unschädlich sein, wenn beim Seeigel auch die Stachelhöcker gefärbt wären.

Noch überzeugender ist die Pigmentverteilung unter den Stachelhöckern (vgl. Fig. P). Auf Querschliffen durch die

Interambulacralplatten von *Echinus esculentus* läßt sich zeigen, daß die im ganzen gleich bleibende Pigmentzone auffälligerweise unter den Stachelhöckern unterbrochen wird. Von der Fläche gesehen, ist ein kreis-

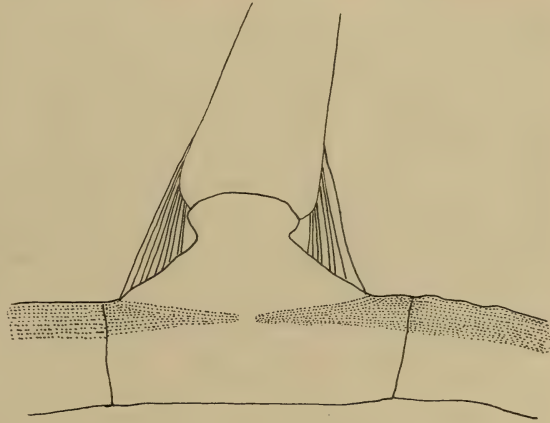


Fig. P.

runder Fleck ausgespart, und zwar stets nur unter der Mitte des Höckers. Von seinem Rande her greift noch ein Stück weit die Farbschicht ringförmig unter die Höckerbasis, derart, daß die außerhalb des Höckers erreichte Dicke der Farbschicht unter dem Rande noch erhalten bleibt, dann aber nach der farbfreien Höckermitte zu ständig abnimmt, auskeilt und so den Anschein einer kraterförmigen Einsenkung von außen her erweckt. Die pigmentfreie Stelle der Mitte entspricht der Fläche, die das ursprünglich kleinste Stadium des Stachelhöckers einst beim jungen Seeigel bedeckt hat. Das erste, unterste Streifen Pigment ist zu dieser Zeit schon über die ganze

Schale hinweg abgeschieden worden. Es ließ aber die durch den darüber lagernden Gelenkstoff verdeckte und daher verdunkelte Basis desselben frei. Von diesem Zeitpunkt ab schreitet die Verdickung der Farbzone stetig weiter und zwar in dem Maße, als die Schale nach außen wächst. Durch das periphere Wachstum der Höckerbasis wird aber ein immer weiter werdender Kreis der Lichteinwirkung entzogen, an diesen Stellen die Ablagerung des Farbstoffes also zentrifugal fortschreitend unterbunden, so daß der gefärbte Teil des Kalkes unter einem Stachelhöcker die Gestalt einer innen gelochten, nach dem Rand zu an Dicke zunehmenden Hörmuschel eines Telephones aufweist und ein dauerndes Dokument der Entstehungsweise darstellt.

Aber auch an den Plattenkanten läßt sich deutlich feststellen, daß die Farbabsonderung vom Lichteinflusse abhängig ist. In den glatten Nähten, mit denen die Platten der Interambulacralregion aneinanderstoßen, hat das Farbband eine gleichmäßige Breite: die Lichtwirkung beeinflußt also das absondernde Plasma bis auf eine gleichbleibende Tiefe. Bei den verzähnten Nähten dagegen, mit denen die Ambulacralplatten in die Interambulacralstücke eingreifen, scheint das Ineinanderpassen der einzelnen Zähne nicht so genau zu sein, daß nicht hin und wieder Lichtstrahlen tiefer als gewöhnlich zwischen die Platten eindringen könnten. An solchen Stellen ist dann ihr Weg durch eine nach innen ausstrahlende, die gewöhnliche Farbbreite verhältnismäßig weit überschreitende Pigmentprotuberanz angezeigt.

Wir erkennen aus dem Vorstehenden klar, daß wir es bei dieser Anfärbung der Skeletkapsel nicht mit einem so starren physikalischen System zu tun haben, wie es LEHMANN für seine künstlich zu färbenden Krystalle herbeiführen muß. In unserem Falle wird es ganz beliebig durch biologische Momente bedeutend durchbrochen. Dazu kommt noch das Folgende.

Die Schalenplatten der Echinidenkapsel zeigen Dicken- und Randwachstum. Danach nimmt sie nicht nur an Dicke nach außen hin zu, sondern gewinnt auch an Rauminhalt. Allerdings ist das Dickenwachstum nach außen — im Gegensatz zu dem nach innen — sehr gering und dient vielleicht nur dem Zwecke der Unterbringung des Farbstoffes bzw. der Verdickung der dort sitzenden Farbschicht; denn diese nimmt gleichermaßen bei dieser Apposition zu.

An den Zuwachsstreifen erkennt man, daß das Randwachstum der Platten, das von den Nähten her, an denen sie mit den Nachbar-

platten zusammenstoßen, sehr viel beträchtlicher ist. Danach nehmen die Platten an Dicke in Richtung der Radien, also durch radiale Anlagerung, zu, während ihre Größe in den Nähten in Richtung der Tangenten, demnach durch tangentielle Apposition, wächst.

Und danach sind auch zwei Arten der Farbstoffablagerung zu unterscheiden: einmal die radiale, die sich über die ganze derzeitige Oberfläche der Kapsel erstreckt, und dann die senkrecht dazu erfolgende tangentielle, die sich nur in den Nähten des sich dehnenden Körperskelets vollzieht.

Sie erscheint ihrer Besonderheit wegen unserer Aufmerksamkeit wohl wert. Denn in dem Kalkgewebe, das in den Nähten der Platten neu entsteht, wird die Farbzone gleich auf einmal in der Schichtdicke abgelagert, die der jeweiligen Breite des Farbbandes in der Plattenmitte entspricht.

Bei *Echinus esculentus* erscheint die genannte Unterscheidung der zwei Abscheidungsarten auch äußerlich erkennbar durch die verschiedenen Farbtöne des Pigments. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß dieses Tier seine Skeletplatten mit blauen und roten Farben tingiert, die in einer gewissen Gesetzmäßigkeit zueinander stehen. Ich glaube nun beweisen zu können, daß die aus der tangentialen Abscheidung hervorgehende Farbe vorwiegend die rote ist, während in radialer Richtung die Blaufärbung der Skeletplatten erfolgt. Diese Ansicht läßt sich durch eine Reihe von Tatsachen stützen. Die blaue Farbe bildet in den meisten Platten nur die äußerste Schicht des Pigments, und zwar ist sie stets in der Mitte der Platten am intensivsten. Dort ist ihre Schichtdicke am mächtigsten, weil dort die Farbe am längsten in Richtung der Radien ausgeschieden worden ist. Nach den Rändern der Platte hin verflacht die blaue Schichtbreite und läßt die rote Farbe rein zum Vorschein kommen. Erst wenn an diesen Stellen die radiale Apposition einsetzt, wird das ursprüngliche Rot durch den violetten Hauch verändert.

Auf den ersten Blick scheinen die vollkommen rein blauen Teile der Ambulacralplatten, die von den Füßchen durchsetzt werden, im Widerspruch mit unserer vorgetragenen Ansicht zu stehen. Wir werden aber zeigen können, daß er nur scheinbar ist und daß vielmehr diese Tatsache eine weitere Stütze unserer Auffassung liefert. Es ist dazu nur zu bedenken, daß diese Zonen in der Skeletkapsel überhaupt nicht oder nur ganz geringfügig wachsen. Der Füßchenapparat des Tieres läßt ja eine Veränderung dieses Skeletabschnitts nicht zu. Die radiale Anlagerung neuer Kalksubstanz kann sich

daher an diesen Stellen — gemeint ist die Grenze zwischen Ambulacral- und Interambulacralplatten, die schon durch die erwähnte gezähnelte Naht auffällt — nur auf ein regulierendes Aufeinanderpassen der Platten beschränken. Dies ist nötig, da das starke Wachstum der Interambulacralplatten die Kugelform der Skeletkapsel mehr und mehr stört, so daß die Platten sich nicht mehr mit den vollen Nahtflächen berühren können. Die entstehenden Lücken werden ausgefüllt und zwar häufig so, daß das Füllmaterial mitunter als dicker Wulst aus der Naht in die Innenfläche der Kapsel hervorquillt. Beim Betrachten eines Echinidenskelets läßt sich sehr deutlich erkennen, daß nur das geringe seitliche Wachstum der Ambulacralplatten schuld ist, daß die Kapsel ihre Kugelgestalt verliert. Die flachen Wölbungen der Interambulacralplatten passen viel eher zu dem derzeitigen Radius der Schale als die starken Vorbauchungen der Ambulacralia. Ihre Wölbung ist ein Überbleibsel aus einer jüngeren Periode des Tieres, in der sie als Hauptplatten auch die starke Biegung erfahren mußten, wenn sie den kleinen Körper umhüllen wollten. Beim erwachsenen Tier sind keine Anstalten getroffen, diese Wölbung zu verwischen.

Aus dem Gesagten folgt nun, daß die Ambulacralplatte im Bereiche der Füßchen gleich in der Größe angelegt werden muß, in der sie gebraucht wird. Sie kann in dieser Zone nicht durch Randwachstum sich den stetig ändernden Bedürfnissen des wachsenden Tieres anpassen. An der Füßchenzone der Ambulacralia findet daher nur ein von außen kommendes Dickerwerden in Richtung der Radien statt, damit auch die Abscheidung von blauem Pigment.

Außerhalb der Füßchenzone kann natürlich auch ein Randwachstum eintreten. Hauptsächlich findet dies an der Naht statt, die die beiden zusammenliegenden Ambulacralplatten trennt. Dadurch werden die Füßchenreihen auseinandergeschoben bei dem Größerwerden des Tieres. Immerhin scheint diese tangentielle Anlagerung nach rechts und links in den Nähten eine notgedrungene Regulation darzustellen: sie ist schwächer und nicht so regelmäßig wie an den Interambulacralia. Wo sie aber auftritt, ist sie gekennzeichnet durch den roten Farbstoff.

Von den genauen Bedingungen, die zur Abscheidung einmal des roten, das andere Mal des blauen Farbstoffes führen, ist nichts Näheres bekannt. Auch die nähere chemische Kenntnis dieser beiden „Modifikationen“ würde darüber nichts besagen, da dies eine rein biologische Frage darstellt, die vergleichbar mit der Tatsache ist,

daß in der gleichen Blüte je nach Reaktion des Zellsaftes eine blaue, rote oder sonstige Farbe entsteht.

Schon weiter oben ist darauf hingewiesen worden, daß ein Herauslösen des Farbstoffes aus den Skeletteilen nicht möglich ist. Auch längeres Aufbewahren der Kalkstücke in allen möglichen Flüssigkeiten, Alkohol, Benzol, Salzlösungen, Sodalaugen usw., verliefen alle resultatlos; selbst mit kochendem Chloroform war keine Wirkung zu erreichen. Dabei handelte es sich um Flüssigkeiten, die — wie wir später sehen werden — wohl fähig sind, wenigstens die eine „Modifikation“ des Farbstoffes zu lösen, wenn sie ihrer Einwirkung zugänglich gemacht wird. Wir finden auch hierin eine Ähnlichkeit mit den homogen gefärbten Krystallen LEHMANN'S und vielleicht auch einen Beweis für die Richtigkeit seiner Deutung dieser Verhältnisse, die wir schon auf S. 87 zitiert haben. Wie das zu verstehen ist, zeigen seine folgenden Zeilen¹⁾: „VAN T'HOFF, welcher Mischkrystalle und amorphe Mischungen unter der gemeinsamen Bezeichnung feste Lösungen zusammenfaßt, ist der Ansicht, daß bei Bildung derselben, ähnlich wie bei Bildung gasförmiger und flüssiger Lösungen, eine Diffusion des einen Bestandteiles in den anderen stattfindet, so dass also beim Einbringen von Krystallen in eine Farblösung sich nicht ein dünner Niederschlag bilden, sondern der Farbstoff, wenn auch langsam, so doch stetig in das Innere hinein diffundieren würde. Mir scheint diese Ansicht nicht zulässig, ja ich hatte früher die Unmöglichkeit der Diffusion geradezu als charakteristisch für den festen Zustand hingestellt. Die Existenz einer Elasticitätsgrenze scheint mir nicht vereinbar mit dem Fortwandern von Moleculen in der festen Masse, wenn auch ein Wandern einzelner Atome von Molecul zu Molecul auch bei Krystallen in gewissen Fällen als erwiesen gelten muss.“ Wir sehen, LEHMANN macht ja von selbst die hier vielleicht notwendige Einschränkung seiner allgemeinen Sätze. Für unseren Fall scheint mir aber dennoch seine Überlegung von Bedeutung, daß, wenn die künstliche Färbung der Krystalle auf einer festen Lösung im VAN T'HOFF'schen Sinne beruht, dann auch — unter gegebenen Umständen — eine Diffusion der Farbmoleküle aus dem Krystall heraus möglich sein müßte. Er schreibt dazu auf p. 67: „Ich habe übrigens die Theorie der festen Lösungen einer directen Probe unterworfen. Krystalle von Meconsäure, welche mit violetter Fettfarbe intensiv gefärbt waren, werden längere Zeit in Petroleumäther eingelegt,

1) op. cit., p. 65 u. 66, 67.

welcher die violette Fettfarbe leicht löst. Weder hierdurch, noch auch durch wiederholtes Behandeln mit heißem Benzol konnte der Farbstoff aus den mikroskopisch dünnen Blättchen ausgezogen werden. Demgemäss ist keine merkbare Diffusion des Farbstoffes in der festen Masse möglich.“

Diese letzten Angaben stimmen Wort für Wort auch für unseren Fall. Erst konzentrierte Kali- und Natronlaugen, die ja, wie wir schon gesehen haben, sehr energische Umsetzungen des kohlensauren Kalkes hervorrufen, wirken an den angegriffenen Stellen auch bleichend auf die Farbschicht ein. Diese muß also erst durch die tiefgreifende chemische Veränderung des ganzen Kalkgewebes zugänglich gemacht worden sein, ehe ein Angriff auf die Farbmoleküle selbst erfolgen kann.

Auch beim Erhitzen der Skeletstücke auf eine Temperatur, bei der sie sich schon mit einer Rinde von gebranntem Kalk umgeben hatten, war ein Einfluß auf den Farbstoff zu bemerken: die Tönung verblaßte und war bald als solche nicht mehr zu erkennen. Dabei hatte es den Anschein, als ob sie sich verflüchtigte, denn auf der ganzen Kalkmasse blieb ein grauer Hauch zurück. Im Innern konnte man die Farbzone zwar stets noch als gutbegrenzten dunkelgrauen Streif erkennen, aber dennoch deutete ein leichter grauer Schleier im sonst weißen Kalkgewebe an, daß ein Teil des Pigments seine früheren Grenzen überschritten hatte. Durch das Ergebnis dieser Versuche ist der Gedanke an die organische Natur des färbenden Stoffes im Echinidenkalk fester begründet worden.

Da die Erfahrung gelehrt hatte, daß der Farbstoff so wenig zugänglich in den Gerüstbälkchen eingeschlossen sich erwies, so wurde eben der Versuch gemacht, ihn durch Auflösen des ganzen Kalkes zu erhalten. Durch diesen Gewaltakt ist es dann auch gelungen, ihn zur Lösung zu bringen und sogar rein darzustellen.

Da das ganze Verhalten dieses Skeletpigments der Echiniden so durchaus verschieden ist von den Epidermis- und Cutisfarbstoffen, die bisher unter den Echinodermen bekannt geworden sind ¹⁾, so ziehen wir den Schluß, daß er es auch von Natur aus ist, und wollen ihn mit dem neuen Namen „Calceochrom“ bezeichnen. Mit diesem Namen soll vorerst noch gar nichts über die Konstitution oder nähere Natur des Farbstoffes gesagt werden. Wissen wir doch

1) Ich erinnere hier an die Lipochrome, an das Rhodophan KRUKENBERG's, das sich bei Asteriden und Holothuriern findet, an sein Orangen- und Comatulin.

noch gar nicht, ob es ein Farbstoff im Sinne der Farbchemie überhaupt ist. Wir wollen daher „Farbstoff“ in seinem weiteren Sinne genommen wissen, unter den sich auch der Begriff des gefärbten Körpers noch unterordnen läßt. Die Säuren, mit denen die Lösung der Kalkkörper vorgenommen worden sind, wirken jedenfalls nicht als indifferentes Lösungsmittel auf den Farbstoff. Wir sind uns daher sehr wohl im klaren, daß er eine tiefgreifende Veränderung erleiden kann, falls er darin gelöst wird. Wenn wir zwar glauben, in den Lösungen noch das oder die typischen Radikale des Farbstoffes vor uns zu haben, so soll doch nicht verschwiegen werden, daß die als Modifikationen einstweilen bezeichneten Niederschläge wahrscheinlich doch chemische Verbindungen verschiedener Art des unbekannten Farbstoffradikals darstellen und den Namen Modifikation eigentlich gar nicht verdienen.

Von Publikationen, die sich vor dieser mit den Kalkfarbstoffen der Echiniden beschäftigt haben, sind mir nur die kurzen Bemerkungen KRUKENBERG's bekannt worden. Er sagt in seinen vergleichend-physiologischen Studien, 2. Reihe, 3. Abteilung, 1882, p. 90, 91: „Violette bis dunkelrote Farbstoffe, denen wegen ihrer schweren Löslichkeit in sauren und alkalischen Flüssigkeiten, in Alkohol, Aether etc., ihres uncharakteristischen, spektroskopischen Verhaltens schwer beizukommen ist, finden sich in den Hautpanzern zahlreicher Echiniden (z. B. bei *Toxopneustes lividus*, *Sphaerechinus granularis*, *Echinus esculentus*, *Spatangus*). Es bedarf ähnlich, wie bei den rothen bis rothbraunen Pigmenten in den Chromatophoren der Cephalopoden, stark saurer oder stark alkalischer Flüssigkeiten, um intensiver gefärbte Lösungen aus diesen kalkreichen Gebilden zu erhalten, der Anwendung von Reagentien, welche ebenso wie Alkohol, Aether etc. den natürlichen Farbstoff schon in ersichtlichem Grade tiefgreifend verändern. All diese Pigmente werden durch Chlor gebleicht, während starke Salpetersäure dieselben meist weniger alterirt als concentrirte Schwefelsäure, durch welche z. B. der violette Farbstoff von *Sphaerechinus esculentus* bis auf einen bräunlichgelben Ton gebleicht wird. Irgendwie typische Reaktionen vermochte ich für diese Pigmente nicht aufzufinden und die gemachten Anwendungen reichen aus, um zu erkennen, daß dieselben ebensowenig Eigenschaften mit den *Comatula*-Farbstoffen als mit den gelben bis rothen Fettpigmenten gemeinsam haben.“ Inwieweit meine Ergebnisse mit denen KRUKENBERG's übereinstimmen oder nicht, wird an den betreffenden Stellen hervorgehoben werden.

Durch die Auflösung der Skeletteile in Salzsäure tritt stets eine Rotfärbung der entstehenden Calciumchloridlösung ein, die nur durch den Farbstoff bedingt sein kann. Ein ganz ähnliches Resultat ist bei Anwendung von Essigsäure zu erreichen, während Salpetersäure nur eine gelbliche Tönung der Salzlösung zurückläßt, die mit der Zeit schwinden kann. Die roten Lösungen scheinen dagegen sehr viel länger, wenn nicht gar unbegrenzt haltbar zu sein.

Die genannten Säuren lösen die gefärbten Kalkstücke mit der typischen Rotfärbung, mögen nun olivfarbene, rote, blaue, braune oder violette Skeletteile ihrem Einfluß unterworfen werden. Am ergiebigsten sind die satten blauen und violetten Töne, weniger kräftige Farben der Lösung liefern die übrigen Nuancen. Aber selbst bei grünen Farben konnte in der Umgebung des sich auflösenden Stückes eine rötliche Tönung des Schaumes beobachtet werden, wenngleich späterhin die gesamte Flüssigkeit nur leicht gelb gefärbt war. Aus dem Vorstehenden scheint hervorzugehen, daß es sich bei all diesen Farben der Salzlösung wohl um einen Körper handeln wird und daß es offenbar nur Konzentrationserscheinungen in der Farblösung sind, die die Abstufungen des Tones vom Rotgelb bis hinauf zum satten, leuchtenden Rot verursachen.

Zu den erwähnten Versuchen waren besonders die stark gefärbten Stacheln von *Strongylocentrotus lividus* geeignet; gerade weil bei diesen Tieren die Farben so sehr variieren, hat man es sehr leicht in der Hand, diese oder jene Nuance für sich zu untersuchen.

Mit der vom Calceochrom gefärbten Chlorkalciumlösung wurden nun Versuche angestellt, die dartun sollten, welcher Art wohl der Farbstoff sei. Im Anfang ließ sich durchaus nicht von der Hand weisen, daß nicht doch ein Kation eines anorganischen Salzes die Ursache der Färbung sein könnte. Auch die andere Möglichkeit, in diesen Färbungen ein Analogon zu dilut gefärbten Mineralien zu sehen, deren Tönungen — wie man annimmt — durch kolloidal verteilte Moleküle eines Metalles hervorgerufen werden, ist in Erwägung gezogen worden. Ich erinnere hier nur an die blaugefärbten Steinsalzkrystalle, deren künstliche Herstellung dadurch gelungen ist, daß man die Krystalle in Natriumdampf brachte.

Wenn überhaupt, so konnte in unserem Falle wohl nur Kobalt in Betracht kommen. Die rote Färbung der Lösung wies ja darauf hin, wenn auch ihre Nuance nicht geeignet war, alle Bedenken zu

unterdrücken. Die anfänglichen Resultate der Analyse bestärkten dann fürs erste diese Meinung, als nämlich bei Zusatz von Schwefelammon tatsächlich ein schwärzlicher Niederschlag erhalten wurde. Nachdem nun der wohl etwas flockige Niederschlag auf das Filter gebracht worden war, zeigte das Filtrat nur noch die gelbe Farbe des Schwefelammons und war nach dessen Beseitigung farblos. Das färbende Agens der ursprünglichen Lösung konnte also nur noch in dem blauschwarzen Niederschlag zu suchen sein. In der Tat löste er sich auch sehr leicht wieder in der uns bekannten roten Farbe in Salzsäure auf, nur war diese noch leuchtender und prachtvoller als die der durch Calciumchlorid getrübten Ursprungslösung. Die Bedenken, die gegen die Kobaltnatur des Farbstoffes aufgetaucht waren, wurden nun noch vermehrt; einmal gründeten sie sich auf das eigentümliche Aussehen des blauschwarzen Schwefelammonniederschlags und die Leichtigkeit, mit der er in verdünnter Salzsäure zu lösen war, vor allem aber war es die Pracht der roten Farbe, in der mir Kobaltchlorid nie begegnet war. Nur noch mit halbem Glauben sind daraufhin einige Spezialreaktionen auf Kobalt angestellt worden, die dann auch völlig versagten und nur das Resultat zeigten, daß der Farbstoff im Echinidenkalk keineswegs anorganischer Natur ist. Darin bestärkten uns weiter die Resultate der nun angestellten, weiter oben schon erwähnten Versuche der Verkohlung durch Erhitzen und der Zerstörung des Farbstoffes, durch die Einwirkung konzentrierter Kalilauge auf die gefärbten Kalkstücke.

Versuche mit einer größeren Menge des in der geschilderten Weise erhaltenen Niederschlags von Calceochrom zeigten, daß er nur in starken Mineralsäuren löslich ist und zwar stets mit roter Farbe. Besondere Erwähnung verdient hier die rotviolette Lösung in konzentrierter Schwefelsäure. Der Farbstoff geht darin mit tiefvioletten Wolken in Lösung, verfärbt sich aber nach geraumer Zeit, wird erst braun und schließlich — je nach der Menge des angewandten Niederschlags — tief dunkel bis schwarz. Läßt man nun zu der längere Zeit sich selbst überlassenen schwarzen Lösung vorsichtig etwas Wasser laufen, um die ölige Schwefelsäure zu verdünnen, so kann man beobachten, wie sich nun schwarze, kohlige Sedimente am Boden des Glases sammeln. Die darüber stehende Flüssigkeit ist klar und nur noch ganz wenig rot gefärbt. Dieser Verkohlungsprozeß des Farbstoffes, der deutlich auf seine organische Natur hinweist, läßt sich beschleunigen durch vor-

sichtiges, mäßiges Erwärmen der Schwefelsäure. Da der Verdacht vorlag, die Braunfärbung könnte zum Teil auch von Filtrierpapierfasern herrühren, die ja ohne Zweifel mit in dem Niederschlag waren, wurde die Feststellung des Maßes ihrer Anteilnahme nötig. Ein Kontrollversuch mit verhältnismäßig reichlich viel Papierstückchen ergab nur eine leichte gelbbraune Färbung der Schwefelsäure; erst bei größeren Mengen tritt die Schwärzung ein. Dazu sind aber Quanten nötig, die das Maß auch der schlimmsten Verunreinigung des Niederschlags mit Cellulosefasern bei weitem überschreiten.

Salpetersäure löst den Farbstoff zwar auch, aber es bleibt nur eine leicht gelbliche Tönung der Lösung zurück, aus der er nicht mehr auszufällen ist, wie das beliebig oft durch einfaches Neutralisieren, z. B. der Salzsäure, möglich war. Die ganze Flüssigkeit macht auch durchaus nicht mehr den Eindruck einer Farblösung. Es scheint demnach die stark oxydierende Wirkung der Salpetersäure eine tiefgreifende Veränderung im Atomverband des Farbstoffes hervorgerufen zu haben.

Macht man irgendeine rote saure Lösung des Stoffes alkalisch, so tritt ein Farbenumschlag in blau ein, ähnlich wie bei Lackmus. Aber nach einiger Zeit tritt eine Trübung der Flüssigkeit ein, und alsbald beginnt wieder der bekannte blauschwarze Niederschlag zu Boden zu sinken. Also selbst in starken Alkalien ist dieser Stoff nicht löslich.

Ein weiterer Beweis für die organische Natur des Calceochroms läßt sich durch folgenden Versuch erbringen. Versetzt man die saure Lösung des Farbstoffes mit Zinkstaub, so tritt Entfärbung ein. Durch die Umsetzung des Zinks mit der vorhandenen Säure wird Wasserstoff frei, der im Status nascendi reduzierend auf den Farbstoff einwirkt und dadurch die Entfärbung herbeiführt. Der Reduktionsvorgang ist aber nicht tiefgreifend, denn schon durch Schütteln der Lösung und der dadurch bewirkten Sauerstoffaufnahme aus der Luft wird wieder eine deutliche Rotfärbung erzielt: die oxydierende Wirkung des Luftsauerstoffes ist danach schon imstande, wieder das alte Farbstoffmolekül herzustellen. Damit ist eine Eigenschaft des Calceochroms erkannt, der man bei organischen Farbstoffen öfters begegnet.

Sehr interessant an der Schwefelammonausfällung des Farbstoffes aus der sauren Lösung ist die eigentümliche Tatsache, daß eigentlich nur Spuren dieses Reagens nötig sind, um die vollständige Ausflockung nach und nach herbeizuführen. Man gewinnt dadurch

fast den Eindruck einer katalytischen Wirkung des Schwefelammons; jedoch handelt es sich wahrscheinlich nur um eine sehr energische Reduktionswirkung des $(\text{NH}_4)_2\text{S}$. Denn verschiedentlich schien es mir, als ob auch eine Schwefelabscheidung neben diesem Vorgange der Farbstoffausfällung herginge. Auffällig ist die Ähnlichkeit dieser Niederschläge mit den durch Alkali erhaltenen. Daraus scheint mir der Schluß naheliegend, daß dem Alkali sowohl als auch dem Schwefelammon weiter keine Rolle zukommt, als das Lösungsmittel, die Säure, abzustumpfen. Sie besäßen danach durchaus keine Einwirkung auf das Farbstoffradikal, so daß uns also dieser Körper in beiden Fällen in völlig gleicher Beschaffenheit entgegenträte.

Von den Angaben KRUKENBERG's ist mir nur die über die Einwirkung der Salpetersäure auf den Farbstoff auffällig, weil es sich mit meinen Befunden gar nicht zu decken scheint.

Die oben erwähnte Tatsache, daß der Farbstoff sich durch einfaches Neutralisieren und Alkalischemachen aus der sauren Lösung ausfällen läßt, ist im Prinzip dazu benutzt worden, das Calceochrom auf noch einfachere Weise rein darzustellen als die oben erwähnte. Man braucht nur in die Salzsäurelösung im Überschuß Stücke des Kalkskelets einzulegen, so daß die Säure abgesättigt wird. Dadurch erzielt man, daß sich die rote Farbe nach einiger Zeit verfärbt, die Lösung trübe wird und bald darauf sich das Calceochrom in Form des bereits bekannten blauschwarzen Niederschlages auf dem Boden des Gefäßes absetzt. Ist die Ausfällung — oft nach Tagen erst — beendet, so läßt sich die Flüssigkeit samt dem mitaufgewirbelten Niederschlag leicht von den überschüssig zurückgebliebenen Kalkstücken abgießen. Nun braucht man in dem neuen Gefäß nur wieder absitzen zu lassen, die überstehende Flüssigkeit durch ein Filter zu gießen, dann den schlammigen Niederschlag in dem Gefäß einige Male mit Wasser zu digerieren, auf das Filter zu bringen, um ihn in möglichst kurzer Zeit rein vor sich zu haben.

Für diese beiden Arten der Darstellung von Calceochrom hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, die Stacheln der Seeigel — solche von *Strongylocentrotus lividus* waren es hauptsächlich — vor der Auflösung in Salzsäure mit Eau de Javelle zu behandeln, um nicht am Schlusse die organische Substanz der Stacheln zusammen mit dem Farbstoff gemischt auf dem Filter zu haben.

Der auf die angeführte einfache Weise rein erhaltene Niederschlag von Calceochrom zeigt durchaus die gleichen Eigenschaften, die auch die Schwefelammonausfällung aufzuweisen hat. Es löst

sich in gleicher Weise in den genannten starken Säuren und fällt bei neutraler und rascher bei basischer Reaktion der Lösung wieder aus. Spuren solcher Niederschläge konnten in Chloroform und in etwas größeren Mengen auch in heißer Essigsäure gelöst werden. Aber vielleicht handelt es sich bei dieser Lösung in Chloroform schon gar nicht mehr um den schwarzblauen Niederschlag, sondern um eine neue „Modifikation“ des Calceochroms, die diesem in geringen Mengen beigemischt ist. Im trockenen Zustand unterscheidet sie sich schon äußerlich von dem bekannten Niederschlag durch ihre bordeauxrote Farbe, und später soll gezeigt werden, daß sie auch wesentlich andere Eigenschaften zeigt.

Man erhält diese Art des Niederschlags, wenn man die nahezu neutrale Lösung des Calceochroms längere Zeit ruhig sich selbst überlassen stehen läßt. Zuerst tritt wieder die Trübung der Lösung ein, sie verliert ihre schöne Farbe, und schließlich fällt ein roter Satz zu Boden, der sich von der überstehenden, wieder klar gewordenen, nur noch schwach gelblich gefärbten Lösung in der bekannten Weise leicht abfiltrieren läßt. Aber schon beim Auswaschen des Niederschlags zeigte sich eine Eigenschaft, die ihn in schroffen Gegensatz zu der anderen Modifikation setzt: das Waschwasser bekam immer eine rote Farbe. Es löste also einen, wenn auch beschränkten Teil des Niederschlags auf. Bei späteren Versuchen stellte sich heraus, daß die Lösungsfähigkeit des reinen Wassers nicht sehr groß ist; denn es zeigte sich, daß bei einem bestimmten Quantum Wasser sich nur ein Teil des hinzugefügten Niederschlages löste, während der übrige erst bei der entsprechend größeren Wassermenge in Lösung ging. Bei Anwendung der Dunkelfeldbeleuchtung ließen sich trotz der großen Verdünnung noch deutlich Mikronen beobachten, die, da ja stets destilliertes Wasser benutzt worden war, zweifellos als solche des Farbstoffes anzusehen sind. Ehe wir über die nähere Natur und Struktur des Farbstoffmoleküls im klaren sind, können wir uns von den genannten Lösungs- und Fällungserscheinungen kein Bild machen, das sich über den Wert von reinen Vermutungen erhöhe. Wissen wir doch nicht einmal, ob alle die Bedingungen, die wir bei diesen Vorgängen geschaffen und die an sich gar nichts mit dem unbekannten Molekül zu tun haben, klar zu übersehen sind.

In den folgenden Tabellen habe ich die Versuche und die Resultate, die sich beim Experimentieren mit dem Calceochrom ergaben, übersichtlich und vergleichend zusammengestellt.

Zusammenstellung über das Verhalten der Calceochromniederschläge.¹⁾

Basen.

Lösungsmittel	Roter Niederschlag	Blauschwarzer Niederschlag
KOH u. NaOH	Der Farbstoff löst sich in blau-violetten Wolken vom Filter ab. Im Überschuß bleibt er fürs erste blau gelöst, wird aber nach längerer Zeit vollkommen entfärbt (Alkali-unechtheit). Auf dem Filterstück bleibt ein gelblicher Schimmer zurück. Konzentrische Lösungen.	Der Farbstoff wird nicht gelöst.
NH ₄ OH	Die Lösung ist blau, wird aber später entfärbt, wobei ein grau-blauer Ton zurückbleibt. In verdünntem NH ₄ OH bleibt der sehr homogene blauviolette Farbton erhalten, eine Entfärbung tritt nicht ein.	Nicht gelöst.
Na ₂ CO ₃	In der konzentrierten Lösung von Na ₂ CO ₃ ist der Farbstoff blau; nach einiger Zeit tritt auch Entfärbung ein.	Nicht löslich.

Säuren.

HCl	Es tritt nur eine äußerst langsame Lösung des Farbstoffes ein. Erst nach 1—2 Tagen ist eine blaßrote Tönung erreicht. Sehr viel bleibt ungelöst auf dem Filter zurück.	Die Lösung geht viel rascher vonstatten, ist vollständig und von intensiv roter Farbe.
H ₂ SO ₄	Die Lösung gelingt sehr rasch unter Wolkenbildung; die Farbe ist karminrot.	Die Lösungsgeschwindigkeit ist dieselbe, die Farbe karminrot. Im Sonnenlicht zeigt sich olivgrüne Fluoreszenz. Später tritt Verkohlung des Farbstoffes ein.

1) Eine Reihe Untersuchungen vorwiegend spektroskopischer Art, die darauf hinzielten, einiges über die chemische Natur des Farbstoffes zu ermitteln, sind bisher nicht abgeschlossen und daher nicht mitgeteilt.

Lösungsmittel	Roter Niederschlag	Blauschwarzer Niederschlag
$\text{CH}_3\text{.COOH}$	Der Niederschlag wird mit blaß-roter Farbe gelöst.	In heißer Essigsäure geht etwas in Lösung.
HNO_3	Bei beiden Modifikationen sind die gleichen Resultate: die Farbe der Niederschläge wird auf dem Filter gelb; ein Teil des Farbstoffes geht auch in Lösung, man sieht das hauptsächlich an dem gelblichen Ton der Flüssigkeit, den sie nach einiger Zeit annimmt.	
$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	Löst nur Spuren.	
$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{.COOH} \\ \\ \text{C.OH.COOH} \\ \\ \text{CH}_2\text{.COOH} \end{array}$	Löst Spuren.	

Salze.

K_2SO_4	Der Farbstoff wird nicht gelöst.	
Na_2SO_4	Ohne daß eine Lösung eintritt, schlägt die rote Farbe des Niederschlags nach blau um.	
CaCl_2	Der Farbstoff wird blaubraun, ohne gelöst zu werden.	
MgSO_4	Spuren des Niederschlags werden mit blavioletter Farbe gelöst.	
$\text{Al}(\text{NH}_4)_3$	Spuren gehen blaviolett in Lösung.	
NaCl	Der Farbstoff wird auf dem Filter blaviolett und geht in geringen Mengen mit braunvioletter Farbe in Lösung.	

Organische Lösungsmittel.

Lösungsmittel	Roter Niederschlag	Blauschwarzer Niederschlag
CS ₂	Es wird nur wenig vom Filter abgelöst, in blaß rotvioletter Farbe.	
CCl ₄	Löst den Niederschlag rotbraun auf. Nach einiger Zeit wird die Glaswand von einem braunen kolloidalen Beschlag bedeckt. Nur ein Teil bleibt in Lösung.	
Äther	Der Farbstoff wird sehr gut mit roter Farbe gelöst.	
CHCl ₃	Löst sehr gut mit leuchtend roter Farbe.	Der Niederschlag wird zum geringen Teil mit blaßroter Farbe gelöst.
Xylol	Löst nicht vollständig; Farbe violettrot.	Es wird nichts gelöst.
Benzol	Löst nur wenig mit brauner Farbe. Bald beschlägt sich die Wand des Glases braun.	Nichts gelöst.
Alkohol absol.	Neben Chloroform ist Alkohol absolut. das beste Lösungsmittel. Die Farbe ist tief rot. Mit steigendem Wassergehalt nimmt die Löslichkeit sehr ab. Das läßt sich sehr schön an 90, 80, 70, 50 und 30% Alkohol zeigen. In reinem Wasser lösen sich nur noch ganz geringe Mengen und erst bei längerem Stehen. Bei großer Schichtdicke sieht zwar die Lösung in H ₂ O noch stark gefärbt aus; sie ist es aber nicht, wie der Vergleich gleicher Schichtdicken beweist.	In angesäuertem absolutem Alkohol löst sich etwas von dem Farbstoff. (Im Prinzip: verdünnte Säure!)
Reines Wasser		

Literaturverzeichnis.

1911. BECHER, S., Untersuchungen über nichtfunktionelle Korrelation in der Bildung selbständiger Skeletelemente, in: Zool. Jahrb., Vol. 31, Physiol.
- 1914a. —, Über die Benutzung des Polarisationsmikroskops zur morphologischen Analyse der Echinodermenskelete, *ibid.*, Vol. 38, Anat.
- 1914b. —, Über eine auf die Struktur des Echinodermenskelettes gegründete Methode zur Herstellung von polarisiertem Licht, in: Zool. Anz., Vol. 44.
- 1914c. —, Über statische Strukturen und kristalloptische Eigentümlichkeiten des Echinodermenskeletts, in: Verh. Deutsch. zool. Ges. (Freiburg).
1913. BECHER, S. u. R. DEMOLL, Einführung in die mikroskopische Technik für Naturwissenschaftler und Mediziner, Leipzig.
1898. BIDDER, G. P., The skeleton and classification of calcareous Sponges, in: Proc. Roy. Soc. London, Vol. 64.
1901. BIEDERMANN, W., Über den Zustand des Kalkes im Crustazeenpanzer, in: Biol. Ctrbl., Vol. 21.
- 1902a. —, Über die Bedeutung von Kristallisationsprozessen bei der Bildung der Skelette wirbelloser Tiere, namentlich der Mollusken, in: Ztschr. allg. Physiol., Vol. 1.
- 1902b. —, Untersuchungen über Bau und Entstehung der Mollusken-schalen, in: Jena. Ztschr. Naturw., Vol. 36.
1914. —, Physiologie der Stütz- und Skeletsubstanzen, in: WINTERSTEIN, Handb. vergl. Physiol., Vol. 3, 1. Hälfte, Jena.
1906. BOWMAN, J. H., A study in crystallisation, in: Journ. Soc. chem. Industry, Vol. 25 (4).

1901. BRAUNS, R., Über das Verhältnis von Conchit zu Aragonit, in: Ctrbl. Mineral., Jg. 1901.
1911. —, Die Ursachen der Färbung dilut gefärbter Mineralien, in: Fortschr. Mineral., Vol. 1.
1901. BÜTSCHLI, O., Einige Beobachtungen über Kiesel- und Kalknadeln von Spongien, in: Z. wiss. Zool., Vol. 69.
- 1906a. —, Über die Einwirkung konzentrierter Kalilauge auf die Nadeln der Calcispongien, in: Zool. Anz., Vol. 29.
- 1906b. —, Nochmals über die Einwirkung konzentrierter Kalilauge auf die Nadeln der Calcispongien, *ibid.*, Vol. 29.
- 1906c. —, Über die Skelettnadeln der Kalkschwämme. Entgegnung auf die Mitteilung von Prof. E. WEINSCHENK, in: Ctrbl. Mineral., Jg. 1906.
- 1907a. —, Über die Natur der von BIEDERMANN aus Krebsblut und Krebspanzern erhaltenen Kristalle, in: Biol. Ctrbl., Vol. 27.
- 1907b. —, Über Gaylussit und ein zweites Doppelsalz von Calcium und Natriumcarbonat, in: Journ. prakt. Chem. (N.F.), Vol. 75.
- 1907c. —, Über die Einwirkung konzentrierter Kalilauge und konzentrierter Lösung von kohlensaurem Kali auf kohlen-sauren Kalk, sowie über zwei dabei entstehende Doppelsalze von kohlen-saurem Kali und kohlen-saurem Kalk, in: Verh. naturw.-med. Ver. Heidelberg (N. F.), Vol. 8.
1908. —, Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde usw., in: Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math.-physik. Kl. (N. F.), Vol. 6, No. 3.
1884. CHRISTIANSEN, C., Untersuchungen über die optischen Eigenschaften von fein verteilten Körpern. I. Mitteil., in: Ann. Phys. Chem. (N. F.), Vol. 23, p. 298—306; II. Mitteil., *ibid.*, Vol. 24, p. 439—446.
- 1911a. CLARK, AUSTIN HOBART, On the origin of certain types of Crinoid stems, in: Proc. U. S. nation. Mus., Vol. 38.
- 1911b. —, On the inorganic constituents of the skeleton of two recent Crinoids, *ibid.*, Vol. 39.
1913. COHNHEIM, O., Eiweißkörper, in: Handwörterb. Naturwiss., Jena.
1912. DÖLTER, C., Handbuch der Mineralchemie, Vol. 1.
1892. DREYER, F., Die Prinzipien der Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen, in: Jena. Ztschr. Naturw., Vol. 26.
1887. v. EBNER, V., Über den feineren Bau der Skelettheile der Kalkschwämme nebst Bemerkungen über Kalkskelette überhaupt, in: SB. Akad. Wiss. Wien., Vol. 95.
1913. ELBS, K., Farbstoffe, in: Handwörterb. Naturwiss., Jena.
1902. v. FÜRTH, O., Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere, Jena.
1881. GOLDSCHMIDT, V., Über Verwendbarkeit einer Kaliumquecksilberjodidlösung bei mineralogischen und petrographischen Untersuchungen, in: Jahrb. Geolog., 1. Beilage.

1900. GRIFFITHS, A. B., Sur la matière colorante d'Echinus esculentus, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 131, p. 421.
1900. GRIFFITHS, A. B. et M. F. W. WARREN, La composition du pigment orange d'Asterias rubens, in: Bull. Soc. chim., Vol. 23, p. 874—875.
1872. HAECKEL, E., Die Kalkschwämme. Eine Monographie, Vol. 3, Berlin.
1853. HAIDINGER, W., Über einige neue Pseudomorphosen: 9. Kalkspath in den Echiniden, in: Abh. böhm. Ges. Wiss., p. 14—16.
1884. HANSEN, A., Über Sphärokristalle, in: Arch. bot. Inst. Würzburg, Vol. 3.
1872. HARTING, P., On the artificial prduction of the principal organic calcareous formations, in: Quart. Journ. microsc. Sc. (N. S.), Vol. 12.
1873. —, Recherches de morphologie synthétique sur la production artificielle de quelques formations calcaires organiques, in: Naturk. Verhandl. Akad. Wet. Amsterdam, Afdel. Nat., Vol. 13.
1826. HESSEL, Einfluß des organischen Körpers auf den anorganischen, Marburg.
1900. KELLY, AGNES, Über Conchit, eine neue Modification des kohlen-sauren Kalkes, in: SB. Akad. Wiss. München, Vol. 30.
1901. —, Beiträge zur mineralogischen Kenntnis der Kalkausscheidungen im Tierreich, in: Jena. Ztschr. Naturw., Vol. 35.
1864. KÖLLIKER, Icones histologicae, Leipzig.
- 1880a. KRUKENBERG, FR. W., Zur Kenntnis des Hämocyanins und seiner Verbreitung im Tierreiche, in: Ctrbl. med. Wiss., Vol. 18, p. 417—418.
- 1880b. —, —, ibid., No. 23.
1881. —, Vergleichend-physiologische Studien. II. Reihe, 1., 2., 3. u. 5. Abteilung, Heidelberg.
1884. —, Vergleichend-physiologische Vorträge. Vol. 1: Grundzüge einer vergleichenden Physiol. der Farbstoffe und der Farben, p. 85—184.
- 1888—1889. LEHMANN, O., Molekularphysik, Vol. 1 u. 2, Leipzig.
1894. —, Über künstliche Färbungen von Kristallen und amorphen Körpern, in: Ann. Phys. Chem. (N. F.), Vol. 51.
1856. LEYDOLT, Über die Struktur und Zusammensetzung der Kristalle des prismatischen Kalkhaloids nebst Anhang über die Struktur der kalkigen Teile einiger wirbelloser Tiere, in: SB. Akad. Wiss. Wien, Vol. 19.
1900. MAAS, O., Über Entstehung und Wachstum der Kieselgebilde bei Spongien, in: Ber. Akad. Wiss. München, math.-phys. Kl., Vol. 30.
1900. —, Über die sog. Biokristalle und die Skelettbildungen der niederen Tiere, in: Ber. Ges. Morphol. Physiol. München, Vol. 16.
1904. —, Über die Wirkung der Kalkentziehung auf die Entwicklung der Kalkschwämme, ibid., Vol. 20.

1904. MAAS, O., Über den Aufbau des Kalkskeletts in normalem und CaCO_3 -freiem Seewasser, in: SB. Deutsch. zool. Ges. (Leipzig).
1906. —, Über die Einwirkung carbonatfreier und kalkfreier Salzlösungen auf erwachsene Kalkschwämme und auf Entwicklungsstadien derselben, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 22.
1907. —, Über die Wirkung des Hungers und der Kalkentziehung bei Kalkschwämmen und anderen kalkausscheidenden Organismen, in: Ber. Ges. Morphol. Physiol. München, Vol. 23, p. 82—89.
1881. DE MEREJKOWSKI, C., Sur la tétronérythrine dans le règne animal et sur son rôle physiologique, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 93, p. 1029—1039.
1908. MINCHIN, E. A., Materials for a monograph of the Ascons, in: Quart. Journ. microsc. Sc. (N. S.), Vol. 40, p. 469.
1910. —, Sponges spicules: a summary of present knowledge, in: Ergebn. Fortschr. Zool., Vol. 2.
1908. MINCHIN, E. A. and J. REID, Observations on the minute structure of the spicules of calcareous Sponges, in: Proc. zool. Soc. London.
1877. MOSELEY, N. H., On the coloring matters of various animals, in: Quart. Journ. microsc. Sc. (N. S.), Vol. 17, p. 5—11.
1890. MACMUNN, C. A., Contributions to animal chromatology, *ibid.* (N. S.), Vol. 30.
1872. ORD, M. W., On molecular coalescence and on the influence exercised by colloids upon the forms of inorganics matter, *ibid.* (N. S.), Vol. 12.
1892. OSTWALD, W., Über die Farbe der Ionen, in: Ztschr. phys. Chem., Vol. 9.
1905. RHUMBLER, L., Aus dem Lückengebiet zwischen organischer und anorganischer Materie, in: Ergebn. Anat. Entwicklungsgesch., Vol. 15.
1858. ROSE, G., Über die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde, II. Abh., in: Abh. Akad. Wiss. Berlin.
1904. SCHMELK, L., Chemical examinations of shells of Mollusca and of dried Echinoderms, in: Norske Nordhavs-Expedition 1876—1878, No. 28, Mollusca, 3, p. 129.
- 1862—1864. SCHMIDT, O., Spongien des Adriatischen Meeres, Leipzig.
1887. SCHULZE, F. E., Zur Stammesgeschichte der Hexactinelliden, in: Abh. Akad. Wiss. Berlin, p. 1—35.
1897. —, Über einige Symmetrieverhältnisse bei Hexactinellidennadeln, in: Verh. Deutsch. zool. Ges.
1908. SIMON, K., Beiträge zur Kenntnis der Mineralfarben, in: Neues Jahrb. Mineral., Beil., Vol. 26.
1885. SOLLAS, J. W., Note on the artificial deposition of crystals of calcite on spicules of a Calcisponge, in: Proc. Roy. Dublin Soc. (N. S.), Vol. 5.

1885. SOLLAS, J. W., On the physical characters of calcareous and silicious Sponge-spicules and other structures, *ibid.* (N.S.), Vol. 4.
1889. STEINMANN, G., Über Schalen und Kalksteinbildung, in: *Ber. naturf. Ges. Freiburg*, Vol. 4.
1899. —, Über die Bildungsweise des dunklen Pigmentes bei den Mollusken nebst Bemerkungen über die Entstehung von Kalkkarbonat, *ibid.*, Vol. 11.
1900. STEMPELL, W., Über die Bildungsweise und das Wachstum der Muschel- und Schneckenschalen, in: *Biol. Ctrbl.*, Vol. 20, p. 595, 637, 665, 699 u. 731.
1913. THOMSON, STUART S., Observations on the colouration of *Echinus angulosus* (A. AGASS.), in: *Ann. Mag. nat. Hist.* (8), Vol. 12.
1902. VATER, H., Über Ktypeit und Conchit, in: *Ztschr. Kristallograph.*, Vol. 35.
1875. VOGELSANG, H., Die Kristalliten, Bonn.
1905. WEINSCHENK, E., Über die Skeletteile der Kalkschwämme, in: *Ctrbl. Mineral.*
1905. WOODLAND, W., Studies in spicule formation, Abhandl. 1—4, in: *Quart. Journ. microsc. Sc.* (N.S.), Vol. 49, p. 231—533.
1908. —, —, *ibid.* (N.S.), Vol. 52.
1906. WÜLFING, E. A., Einiges über Mineralpigmente, in: *Festschr. ROSENBUSCH.*
1912. ZSIGMONDY, R., *Kolloidchemie*, Leipzig.
-

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Über „reflexarme“ Tiere.

IV. Die Holothurien.

Zweite Mitteilung.

**Die Reizbarkeit und der Einfluß des zentralen Nervensystems
auf die Muskulatur und die muskelähnlichen Fasern der Haut
(auf Erregbarkeit und Tonusfunktion).**

Von

Hermann Jordan (Utrecht).

(Aus der physiologischen Abteilung der Zoologischen Station zu Neapel.)

Mit 5 Abbildungen im Text.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einführung	110
I. Die Reizbarkeit der Holothurie als ganzes Tier	112
A. Geschichte	112
B. Eigene Untersuchungen	114
1. Die Körperenden	114
2. Versuche am eigentlichen Körper der Holothurien unter Ausschluß der beiden Körperenden.	114
3. Einzelne Bewegungen der Holothurien	115
II. Die Reizbarkeit der Längsmuskelbänder	117
A. Geschichte	117
B. Eigene Beobachtungen	117
1. Der Erfolg elektrischer Reizung	117
2. Ist die Reizschwelle der Längsmuskeln abhängig von der relativen Länge des Muskels oder vom Grade der Belastung?	118

	Seite
3. Die Reizschwelle ist niedriger, wenn man den Radialnerven reizt, als wenn man den Muskel direkt reizt	120
4. Hat die Anwesenheit der beiden Bestandteile des Zentralnervensystems einen Einfluß auf die Schwelle? . . .	121
a) Ein Muskel mit Radialnerv wird verglichen mit einem solchen ohne Radialnerv	121
b) Der Einfluß des Schlundringes auf die Reizschwelle der Längsmuskeln	123
c) Ein Längsmuskel mit Schlundring und Radialnerv wird mit einem total nervenlosen Muskel verglichen	125
III. Der Einfluß des Zentralnervensystems auf den Tonus der echten Muskeln	127
A. Der Radialnerv	128
B. Der Schlundring	132
C. Vergleichung eines Längsmuskels, der im Besitz des Radialnerven und in Verbindung mit dem Schlundringe ist, mit einem Längsmuskel, dem jegliches Zentralnervensystem fehlt, in ihrem Verhalten gegenüber Belastung	137
IV. Die Bedeutung des Zentralnervensystems für die Dehnungskurve der muskelähnlichen Fasern der Haut	138
A. Der Radialnerv	138
1. Die Dehnungskurve	138
2. Entlastung nach vorhergegangener Dehnung durch Last	143
B. Der Schlundring	149
C. Ein Hautstück mit Radialnerv und Schlundring wird mit einem solchen verglichen, welches diese Zentra nicht mehr besitzt	151
V. Zusammenfassung und Besprechung unserer Resultate . . .	151

Einführung.

In der „ersten Mitteilung“ gleichen Titels¹⁾ habe ich meine Resultate veröffentlicht, die sich auf die Eigenschaften der Muskeln beziehen, unabhängig vom Zentralnervensystem. Ich habe gezeigt, daß die Holothurien zweierlei Muskelsysteme besitzen. Das eine dient der Bewegung; es sind die 5 großen Muskellängsbänder und die Ringmuskeln. Nur diese Elemente sind durch elektrische und chemische Reize erregbar. Für die „Tonusfunktion“ (meiner Definition) besitzen die Holothurien in den muskelähnlichen Fasern der Haut besondere Organe.

1) JORDAN, HERMANN, Über reflexarme Tiere. IV. Die Holothurien. Erste Mitteilung. Die Holothurien als hohlorganartige Tiere und die Tonusfunktion ihrer Muskulatur, in: Zool. Jahrb., Vol. 34, 1914, Physiol., p. 365.

Bezüglich des Begriffes „Tonusfunktion“ sei auf frühere Mitteilungen (l. c., sowie daselbst angeführte Zitate) verwiesen und nur nochmals darauf aufmerksam gemacht, daß die Funktion eine *Conditio sine qua non* nicht nur für den normalen Turgor (d. i. die Festigkeit des Tieres), sondern auch und vornehmlich für jede Bewegungsmöglichkeit ist. Gleich der Wand unserer Hohlorgane hat die Haut der Holothurien mit ihren muskelähnlichen Fasern die Aufgabe, den Inhalt der Leibeshöhle so zu umschließen, daß dieser Inhalt und somit das ganze Tier bei größtem Volumen die geringste Oberfläche hat. Zur gleichen Zeit darf im Innern der Leibeshöhle — vom Flüssigkeitsdruck abgesehen — keinerlei Druck herrschen, wie auch immer die Flüssigkeitsmenge ihres Inhalts schwanken mag (man denke z. B. an die Wasserlunge). All das erreichen die Hautfasern der Holothurie dadurch, daß sie bei jeder beliebigen Länge passiver Ausdehnung einen gewissen Widerstand bieten; dieser Widerstand kann nicht durch den Flüssigkeitsdruck¹⁾, wohl aber durch jeden hinzukommenden Überdruck allmählich überwunden werden. Im weiteren muß sich das Hautfasersystem jeder quantitativen Veränderung des Inhalts anpassen können, wie ich das im einzelnen ausgeführt habe. Daß die Hautfasern für die genannte Leistung fast vollkommen spezialisiert sind, ergibt sich daraus, daß sie weder durch elektrische noch durch chemische Reize zu einer spontanen Verkürzung zu veranlassen sind, auch dann nicht, wenn wir diese Reize unmittelbar auf das radiäre Nervensystem einwirken lassen. Nur grob mechanische Reize rufen eine langsame, wenig ergiebige Kontraktion hervor (Schutzreflex, da hierbei die Haut hart und weniger verletzbar wird).

Hierauf muß ich mich beschränken, da der Leser, der eingehender Bescheid zu wissen wünscht, alles in meiner ersten Mitteilung (l. c.) findet. Ich gehe nunmehr dazu über, den zweiten Teil meiner an *Holothuria tubulosa* und *Stichopus regalis* gewonnenen Resultate mitzuteilen.

1) Bei der Holothurie als Seetier wird der „Flüssigkeitsdruck“ (verursacht durch Leibeshöhlenflüssigkeit und Organe) annähernd durch den Gegendruck des umgebenden Seewassers ausgeglichen.

I. Die Reizbarkeit der Holothurie als ganzes Tier.

A. Geschichte.

VICTOR HENRI¹⁾ untersucht die Reflexerregbarkeit an der eröffneten Holothurie; d. h. er reizt die Sinneszellen der Haut und beobachtet den reflectorischen Erfolg dieser Reizung an den (freiliegenden) Längsmuskelbändern. Er erhält auf Berührung der Haut hin streng lokalisierte Verkürzungen des benachbarten Längsmuskelbandes, und zwar erfolgt auf einmalige Reizung hin je nur einmalige Verkürzung. Das gleiche Verhalten läßt sich an Querscheiben durch das (ganze) Tier feststellen. Bei stärkerer Reizung verkürzt sich ein längeres Muskelstück als bei schwächerer. Ein und derselbe Muskelteil (Muskelpunkt) steht mit einer ganzen Reihe von Punkten der Körperoberfläche in Reflexverbindung: HENRI isoliert ein 5 mm langes Stück eines Muskelbandes mitsamt der zugehörigen Strecke des Radialnerven durch zwei parallele Einschnitte (senkrecht zur Muskellängsrichtung), welche Muskel und Nerven vollkommen durchschneiden. Reizt er nun eine Hautstelle außerhalb dieses Bezirkes, so kann die Erregung nur reflectorisch auf den Muskel übertragen werden, eine mechanische Übertragung durch sich verkürzende Muskelteile, die dem Reizorte benachbart sind, ist durch die Einschnitte ja ausgeschlossen. Trotzdem spricht das isolierte Muskelstück auf Reizung jeder beliebigen Hautstelle an, die sich in einer Entfernung von nicht mehr als 45—50 mm von der isolierten Muskelstrecke befindet. HENRI schließt auf das Vorhandensein von einem (allseitig leitenden) Nervennetz in der Haut, das mit dem Radialnerven in Verbindung steht. — In meiner ersten Mitteilung habe ich an der Hand von Publikationen POLARA's auf die Wahrscheinlichkeit hingewiesen, daß sich in der Holothurienhaut Nervennetze befinden, die zu vergleichen sind mit den Nervennetzen, die man bei Actinien und Schnecken usw. gefunden hat. In der Tat läßt sich das von HENRI nachgewiesene Verhalten ohne weiteres umschreiben durch das Gesetz, welches für die Erregungsleitung in allen Nervennetzen gilt: die Erregung breitet sich nach allen Seiten, aber mit Dekrement, aus.

Wenn HENRI sein Objekt vorn reizt, so erzielt er folgende Re-

1) HENRI, VICTOR, Étude des réflexes élémentaires chez le *Stichopus regalis*, in: CR. Soc. Biol. Paris, Vol. 55, 1903, p. 1195—1197.

sultate: a) Auf schwache Reize hin zieht sich zuweilen ein Stück von etwa 5 cm eines einzigen Muskelbandes um 5 mm zusammen. b) Auf starke Reize sprechen mehrere Muskelbänder, zuweilen in ihrer ganzen Länge, an. Dieser Reflex wird durch die Mesenterien übertragen: nach lokaler Durchschneidung dieser Mesenterien nehmen die betroffenen Muskelpartien an der Verkürzung nicht mehr teil (keine muskuläre Leitung), während quer durchgeschnittene Muskeln bei intaktem Mesenterium (und naturgemäß intaktem Radialnerv) sich wie in der Norm verhalten. Die Verbindung zwischen den 5 Radialnerven stellt der Schlundring dar, den HENRI als ein Zentrum ansieht.

A. S. PEARSE¹⁾ glaubt dahingegen nicht an die Zentrenfunktion des Schlundringes. Er schneidet durch einen medianen Querschnitt seine Versuchstiere in zwei Hälften, von denen naturgemäß nur die vordere im Besitze des Schlundringes ist. Nun findet PEARSE, daß die hintere (ringlose) Hälfte auf verschiedene Reize, wie Licht und Schatten, besser reagiert als die vordere und daß beide Hälften sich gleich gut aufrichten, wenn man sie auf den Rücken legt. Der Schlundring ist daher für „correlated reactions not essential“ (p. 283). In seiner bereits erwähnten Arbeit teilt POLARA²⁾ auch die Resultate einiger Reizversuche mit. Er beschreibt das Einziehen der Füßchen sowie Transversalkontraktionen bei Reizung mit Essigsäure, Elektrizität und Licht. Er sagt auf p. 6: „versando... sulla porzione della pelle compresa fra due pedicelli successivi di un individuo, così per ben disteso una gocciolina di acido acetico in soluzione molto diluita, si è subito colpito dalla rapidità, con cui l'Oloturia ritira il pedicello più vicino alla parte toccata, mentre subito dopo contrae trasversalmente il corpo mostrando una strozzatura circolare e profonda nella regione lesa ed infine la contrazione si estende anche alle parti più lontane del corpo“. Gleiches Verhalten bei Anwendung anderer Reize.

1) PEARSE, A. S., Observations on the behavior of the Holothurian *Thyone briareus* (LESEUR), in: Biol. Bull., Vol. 15, 1908, p. 258—288.

2) POLARA, GIOVANNI, Sulla connessione delle cellule pigmentate del mesenchima cutaneo delle Oloturie con i nervi cutanei e sul loro significato funzionale, in: Boll. Accad. Gioen. Sc. nat. Catania, Fasc. 88, 1906 (zitiert nach einem Separatabzuge).

B. Eigene Untersuchungen.

Meine eigenen Untersuchungen bitte ich als orientierende Versuche auffassen zu wollen. Sie wurden an unverletzten Exemplaren von *Holothuria tubulosa* ausgeführt. Als Reize kamen in Anwendung faradische Ströme, Essigsäure und Berührung.

1. Die Körperenden. Wenn man eine Schnecke an irgendeiner Stelle ihres Körpers energisch reizt, so erfolgt eine mehr oder weniger allgemeine Muskelverkürzung, durch die auf alle Fälle die gereizte Stelle von dem reizenden (schädigenden) Gegenstande entfernt wird.

Bei der Holothurie lassen sich derartige Schutzreflexe mit Deutlichkeit nur an den beiden Körperenden erzielen, und zwar hinten nur in recht unmittelbarer Nähe des analen Endes, vorn innerhalb eines Bezirkes, der sich bis etwa 2 cm hinter das Kopfbende erstreckt. Der Erfolg solch einer Reizung ist das Einziehen des betreffenden Endes, wozu sich vorn das Einziehen der Tentakel gesellt, falls diese zuvor ausgestreckt waren.

2. Versuche am eigentlichen Körper der Holothurie unter Ausschluß der beiden Körperenden.

a) Der Rücken. Wenn man den Rücken der außer Wasser befindlichen Holothurie unter Benutzung von Platinelektroden mit starken faradischen Strömen reizt, so erfolgt lediglich eine geringfügige, oft kaum wahrnehmbare Muskelverkürzung. Soweit sich das am uneröffneten Tiere beurteilen läßt, beschränkt sich diese Verkürzung auf die Ringmuskeln. Diese Beobachtung stimmt mit demjenigen überein, was POLARA beschreibt (Transversalkontraktion). Bringt man verdünnte Essigsäure auf den Rücken, so ziehen die Ringmuskeln sich langsam aber deutlich lokal zusammen und verursachen eine flache Delle, bei stärkerer Reizung eine ringförmige Einschnürung (Taille) des Holothurienkörpers. Auf alle Fälle ist die Wirkung der Essigsäure stärker als diejenige des Induktionsapparats, selbst wenn man diesen mit übereinandergeschobenen Rollen verwendet. Bei solchen Reizen ist nur ein geringfügiges Hartwerden der Haut wahrzunehmen. Das ist verständlich, da die genannten Reize die Hautfasern, wie ich gezeigt habe, nicht erregen; das geringfügige Hartwerden wird durch passives Zusammengeschobenwerden der Haut durch die Muskelverkürzung verursacht (s. meine erste Mitteilung).

Wenn ich auch auf Grund der Untersuchungen HENRI's keines-

wegs behaupten will, daß bei den beschriebenen Reaktionen des Holothurienkörpers (abgesehen von dessen Enden!) die Längsmuskeln passiv bleiben, so muß ich doch an der Tatsache festhalten (in Übereinstimmung mit POLARA'S Resultaten), daß in erster Linie auf alle unsere Reize hin die Ringmuskellage anspricht. Das ist bemerkenswert, wenn man die Holothurie mit einem anderen Tiere vergleicht, dessen muskuläre Einrichtung auf dem Antagonismus zwischen Längs- und Ringmuskeln beruht. Ich meine den Regenwurm. Hier sprechen stets zuerst die Längsmuskeln an. Das ist verständlich. Der Regenwurm ist vor schädigenden Einflüssen gerade durch den Zurückziehreflex geschützt, und dieser ist nur dann wirksam, wenn er durchaus den Längsmuskeln überlassen bleibt.

Bei der Holothurie findet dieser Schutzreflex nur Anwendung auf das durch die dicke Haut weniger gut beschützte Mund- und Afterende. Der Mittelkörper dagegen wird fast unverwundbar gemacht durch die in Mitteilung 1 analysierte Eigenschaft der Haut, starke (schädliche) mechanische Reize mit Hartwerden zu beantworten. Naturgemäß beschränkt sich solch eine Schutzwirkung auf mechanische Reize, die denn auch für eine Holothurie fast ausschließlich in Betracht kommen dürften. Daher sind die Hautfasern lediglich durch solche mechanische Reize erregbar.

Die Eigenart der äußeren Reizbarkeit ergibt sich auch aus folgendem Versuche. Wenn man eine (spontan) gekrümmte Holothurie an der durch die Krümmung entstandenen Konvexität mechanisch reizt, so wird die gereizte Stelle hart, bildet auch eine leichte Delle; aber an der ursprünglichen Krümmung wird nichts geändert, was natürlich bei anderen Tieren, mit ausgesprochenen Elementärreflexen (zumal der Längsmuskeln) wohl der Fall wäre.

b) Reizung der ventralen Seite. Der erste Erfolg einer jeden Reizung ist, wie POLARA richtig angibt, die Zurückziehung der Saugfüßchen. Die Reaktion der Ringmuskeln ist — *ceteris paribus* — etwas deutlicher als am Rücken, aber vielleicht noch lokalisierter; eine allgemeine Einschnürung sah ich nicht entstehen. Durch die intensivere Verkürzung der Ringmuskeln wird die Haut ventral härter als dorsal.

3. Einzelne Bewegungen der Holothurien. Die Ringmuskeln spielen auch beim Umkehrreflex die größte, wenn nicht gar (wie ich zu glauben geneigt bin) die einzige Rolle. Dieser Umkehrreflex läßt sich nur beschreiben als eine Art Umrollen, das durch geeignete Bewegung der Ringmuskeln erzielt wird.

Auf Grund sehr allgemeiner Reizung erfolgt bei den Holothurien bekanntlich eine ganz andere Reaktion, als wir sie im obigen nach lokaler Reizung beschreiben konnten. Packt man mit festem Druck eine Holothurie mit der ganzen Hand an, dann erfolgt eine allgemeine Reaktion der Muskeln und der Haut. Die Muskeln kontrahieren sich, offenbar um der Haut die Möglichkeit zu geben, sich soweit gehend (aktiv) zusammenzuziehen, daß die den Schutz gewährende Härte allgemein erzielt werden kann. Ohne weiteres geht das aber nicht, denn der flüssige Inhalt würde der Allgemeinkontraktion unüberwindlichen Widerstand leisten. Da gibt dann unter dem Druck der Muskeln der Sphincter der Cloake nach, und der wässerige Inhalt der Wasserlunge wird in einem kräftigen Strahle ausgespritzt. Ob das Ausstoßen der Organe, das bekanntlich zuweilen die Folge starker Reizung ist, ausschließlich durch energische Muskelkontraktion herbeigeführt wird, das ist eine Frage, die ich nicht ohne Vorbehalt bejahen möchte. Ich erinnere mich beobachtet zu haben, daß eine an einem Haken frei in der Luft hängende Holothurie mit einemmale alle ihre Organe sozusagen fallen ließ; ich erinnere mich aber nicht, zuvor eine ganz besonders energische Muskelkontraktion haben feststellen zu können.

Über andere Funktionen der Muskulatur habe ich hier nichts weiter mitzuteilen. Dasjenige, was bezüglich der Locomotion für unsere Zwecke wissenswert ist, habe ich in Mitteilung 1, p. 376 f. gesagt.

Über das Aufnehmen von Wasser durch die Wasserlunge, einen Prozeß, der ja nicht nur für die Atmung, sondern auch für die Bewegung von Bedeutung ist (Füllung des hohlorganartigen Systems für eine größere Muskellänge), habe ich nur wenig eigene Erfahrung. Ich verweise etwa auf V. HENRI.¹⁾ Ich habe gelegentlich dieses Einsaugen beobachtet: die Cloake öffnete sich, und ein ununterbrochener Wasserstrom wurde eingesogen (Nachweis mit Karminpulver). Es handelte sich um eine Wiederergänzung des Wassers, daß infolge von Reizung ausgestoßen worden war. Über das Verhältnis dieser ergiebigen Wasseraufnahme zur normalen Atmung habe ich kein Urteil, ebensowenig darüber, ob die Muskulatur der Cloake eine derartige Saugwirkung auszuüben vermag,

1) HENRI, VICTOR, Étude des contractions rythmiques des vaisseaux et du poumon aqueux chez les Holothuries, in: CR. Soc. Biol. Paris, Vol. 55, 1903, p. 1314—1316.

wie ich sie in dem einen beschriebenen Falle sah, oder ob nicht vielmehr die Elastizität der Haut nach Erschlaffung der Muskeln hierbei eine Rolle spielt (s. auch BABÁK, Die Mechanik und Innervation der Atmung, in: WINTERSTEIN'S Handbuch der vergleichenden Physiologie, Vol. 1, Hälfte 2, p. 321).

II. Die Reizbarkeit der Längsmuskelbänder.

A. Geschichte.

VICTOR HENRI¹⁾ beschreibt folgendes Verhalten der 5 Längsmuskelbänder. Die Muskeln sind sehr reizbar. Berührung ergibt lokale Kontraktion, die zur Bildung eines Wulstes von 3–4 mm Länge führt. Der ganze Prozeß besteht aus einer langsamen Verkürzung, der später Erschlaffung folgt; er nimmt etwa $1\frac{1}{2}$ –2 Sekunden in Anspruch. Sowohl chemische als elektrische und thermische Reize haben lokale Verkürzung zur Folge. Reizt man elektrisch mit zwei Elektroden, die etwa 5 cm voneinander entfernt sind, so beschränkt sich die Verkürzung, gleichgültig ob konstante oder faradische Ströme zur Anwendung kommen, auf die Muskelpartie in der unmittelbaren Umgebung beider Elektroden. Es handelt sich um Strecken von je etwa 5 mm, während der Rest der interpolaren Strecke unerregt bleibt.

B. Meine eigenen Beobachtungen.

1. Der Erfolg elektrischer Reizung. Ein Längsmuskelband (mit oder ohne Radialnerv) wird auf die Platinelektroden gelegt. Die beiden Elektroden sind von gebräuchlicher Form, d. h. die sie bildenden Drähte liegen ziemlich dicht nebeneinander. Es verdickt sich nun lediglich derjenige Teil des Muskels, der auf den Elektroden liegt, d. h. a) die interpolare Strecke²⁾, b) der Teil, der auf den Drähten selbst liegt, c) ein kleiner Teil des Muskels, der rechts und links etwas je über einen der beiden Platinadrähte hinausreicht. Verwendet man nun starke Ströme, so verdickt sich dieser Teil mehr und mehr; Muskelpartien, die außerhalb des Kon-

1) HENRI, VICTOR, Étude physiologique des muscles longitudinaux chez le „Stichopus regalis“, in: CR. Soc. Biol., Paris, Vol. 55, 1903, p. 1194.

2) Ein unbewegter Teil zwischen den Polen kommt bei meinen Versuchen, wegen des geringen Abstandes der Platindrähte voneinander, nicht in Frage.

traktionsbereiches liegen, werden, ganz augenscheinlich passiv, herangezogen. Sie fließen, sozusagen, nach der geschwollenen Strecke, um — kurz ehe sie den Draht erreichen — selbst an der aktiven Kontraktion und somit an der wulstartigen Verdickung teilzunehmen. Auf diese Weise kann schließlich der ganze Muskel von der Kontraktion ergriffen werden, ohne daß hierbei von Erregungsleitung die Rede sein könnte. Befestigt man Klemmen an den beiden Enden des Muskels, fixiert die eine und hängt an die andere ein Gewicht, das über eine Rolle läuft, so kann nur mehr ein bestimmter Teil des Muskels von der Kontraktionsstelle herangezogen werden, und zwar um so weniger, desto schwerer das Gewicht ist, welches wir anhängen. Entsprechend schwillt dann auch die gereizte Stelle mehr oder weniger an. Es sei noch ausdrücklich bemerkt, daß ich nicht imstande war, einen erwähnenswerten Unterschied zwischen einem Muskel mit und einem solchen ohne Radialnerven festzustellen.

2. Ist die Reizschwelle der Längsmuskeln abhängig von der relativen Länge des Muskels oder vom Grade der Belastung? Der Einfluß der mehr oder weniger weitgehenden passiven Dehnung auf die Reizschwelle der Längsmuskeln mußte aus verschiedenen Gründen untersucht werden. Einmal ist es notwendig, diese Frage zu beantworten, ehe wir weiterhin imstande sind, die Reizschwelle etwa in ihrer Abhängigkeit vom zentralen Nervensystem festzustellen. Dann aber ist die Untersuchung eine Fortsetzung dessen, was ich in der ersten Mitteilung über den Unterschied zwischen Muskeln und Hautfasern bezüglich der Tonusfunktion sagte. Ich habe bei *Helix pomatia*¹⁾ gezeigt, daß ein Muskel mit Tonusfunktion im gedehnten (höher belasteten) Zustande (indirekt) erregbarer ist als in weniger gedehntem Zustande. Andererseits aber lassen Muskeln ohne Tonusfunktion diese Eigenschaft vermissen, soweit ich das bisher untersucht habe.²⁾ Es schien mir angebracht, auch die Muskeln der Holothurien nach diesen Gesichtspunkten zu untersuchen.

1) JORDAN, HERMANN, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems bei Pulmonaten. II., in: Arch. ges. Physiol., Vol. 110, 1905, p. 533—597.

2) JORDAN, HERMANN, Über reflexarme Tiere (Tiere mit peripheren Nervennetzen). III. Die acraspeden Medusen, in: Z. wiss. Zool., Vol. 101, 1912, p. 116—138. U. a. m.

Holothuria tubulosa. Ein Längsmuskel mit Radialnerv wird am Schreibhebel belastet; er liegt auf einer Glasplatte¹⁾, während die faradischen Ströme durch Platinelektroden auf ihn übertragen werden. Die Schwelle wird derart bestimmt, daß zunächst unerschwellige Ströme zur Anwendung kommen und sodann von Versuch zu Versuch der Rollenabstand vermindert wird, bis deutliche Kontraktion an der Stelle auftritt, wo die Platindrähte den Muskel berühren. Der Rollenabstand wird bei verschiedener Belastung bestimmt.

Last	Rollenabstand (Schwelle)
5 g	8,5 cm
25	8

Gleicher Versuch mit dem Nachbarmuskelband, ohne Radialnerv.

5 g	10 cm
25	10
5	10

Stichopus regalis. Ein Längsmuskelband mit Radialnerv und Schlundring liegt auf etwas geneigter Glasplatte. Am freien Ende des Muskels ist durch Vermittlung eines Fadens das Gewicht befestigt, welches frei über den Rand der Glasplatte herabhängt.

5 g	9,5 cm
23	10,5

Das Nachbarmuskelband unter gleichen Bedingungen. (Beide Muskeln, nicht vom Schlundringe getrennt, liegen von vornherein nebeneinander.)

5 g	9,5 cm
23	10
5	11
23	10,5

(11 cm bestimmt ohne Wirkung)

Mit einer einzigen Ausnahme (derartige Schwankungen der Schwelle kommen bekanntlich gelegentlich vor) ist von einer Zunahme der Reizbarkeit infolge von Mehrbelastung keine Rede. Das war bei solchen Muskeln, die keine Tonusfunktion haben, zu erwarten, und das Verhalten bestätigt umgekehrt auch unser früheres

1) Siehe JORDAN, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 121, 1908, p. 221—235.

Resultat, daß nämlich den in Frage stehenden Muskeln eben jegliche Tonusfunktion abgeht.

Die gleichen Versuche mit vorab tonischen Muskeln ergeben das nämliche Resultat. Ich habe an meinem Apparate die den relativen Muskellängen entsprechenden Zeigerstände in Zahlen meiner Skala angegeben, so daß man sich davon überzeugen kann, daß die Muskeln bei Mehrbelastung in der Tat auch stark gedehnt worden sind.

Stichopus regalis, tonischer Längsmuskel mit Radialnerv, ohne Schlundring.

Last	Zeigerstand	Rollenabstand
16 g	4,45	10 cm
6	10	10
21	3,2	9,5

Gleicher Versuch mit dem Nachbarmuskel.

16 g	11,1	9 cm
26	7,8	8,5

Ebensowenig erhält man eine Erhöhung der Erregbarkeit, wenn man, ohne Anwendung einer Last, den Muskel durch einmaligen Zug länger macht:

Stichopus regalis, tonischer Längsmuskel mit Radialnerv und Schlundring.

	Länge	Rollenabstand
	4,2 cm	6,5
gedehnt zu	6,7	6,5
„ „	7,2	6,5

Unabhängig von dem, was unsere Versuche beweisen, ist die Erscheinung, daß nicht selten das Auftreten von starkem „Tonus“, richtiger wohl von starken Kontrakturen, mit dem Absinken der Erregbarkeit (für faradische Ströme) Hand in Hand gehen. Kontraktur und relative Unerregbarkeit dürften Symptome ein und desselben pathologischen Zustandes sein, verursacht durch ungünstige experimentelle Bedingungen.

3. Die Reizschwelle ist niedriger, wenn man den Radialnerven reizt, als wenn man den Muskel direkt reizt.

1. *Stichopus regalis*, Längsmuskel mit Radiärnerv und Schlundring.

a) Die Elektroden befinden sich unter dem Muskel

RA = 6,5 cm

b) Die Elektroden befinden sich unter dem Nerven

RA = 7,5 cm

zweite Bestimmung RA = 8 cm.

2) *Stichopus regalis*, Längsmuskel mit Radialnerv und Ring.

a) Die Elektroden befinden sich unter dem Muskel

Last	Zeigerstand	RA (Schwelle)
16 g	11,1	9 (schwach)
26	7,8	8,5

b) Die Elektroden befinden sich unter dem Nerven

26 g	3,5	10,5
16	10,2	11

Ich besitze nur diese Protokolle.

4. Hat die Anwesenheit der beiden Bestandteile des Zentralnervensystems einen Einfluß auf die Schwelle?

a) Ein Muskel mit Radialnerv wird verglichen mit einem Muskel ohne Radialnerv.

1. *Holothuria tubulosa*. Zwei Längsmuskelbänder, das eine mit, das andere ohne Radialnerv, liegen auf einer Glasplatte. Die Elektroden liegen unter dem Muskel; das Gewicht, durch einen Faden mit dem freien Muskelende verbunden, hängt frei über den Rand der Glasplatte herab.

a) mit Radialnerv

Last	Rollenabstand
5 g	8,5 cm
25	8,0

b) ohne Radialnerv

5 g	10 cm
25	10

2. *Stichopus regalis*, zwei Muskeln in gleicher Weise wie soeben beschrieben an meinem Apparate.

	Last in g	Rollenabstand (Schwelle) in cm
a) mit Radialnerv		
erste Bewegung	5	10,5
der Zeiger geht wahrnehmbar in die Höhe bei	5	7
b) ohne Radialnerv		
erste Bewegung	5	10,5
der Zeiger geht wahrnehmbar in die Höhe bei	5	8

3. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung.

a) mit Radialnerv	5	11
b) ohne Radialnerv	5	12,5
(bei RA = 13 cm ist zu- weilen noch Bewegung wahrnehmbar, bei 11 cm sehr starke Kontraktion)		

4. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch.

a) mit Radialnerv	8	10
der Zeiger geht wahrnehmbar in die Höhe bei		7,5
b) ohne Radialnerv	8	10,5
der Zeiger geht wahrnehmbar in die Höhe bei		8,5

5. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch, nur kommen die Elektroden nicht unter die Mitte des Muskels, sondern unter das schmale Ende.

a) mit Radialnerv	16	4,5 (schwach)
b) ohne Radialnerv	16	5,0 (deutlich)

In diesen fünf Versuchen ergab sich also, daß die Anwesenheit des Radialnerven die Erregbarkeit herabsetzt. Nur in einem einzigen Falle war dieses Verhalten nicht nachzuweisen:

6. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch, Elektroden unter der Muskelmitte.

	Last in g	Rollenabstand (Schwelle) in cm
a) mit Radialnerv	6	8
b) ohne Radialnerv	6	7,5

Bedenkt man nun, daß Eingriffe aller Art die Erregbarkeit des Muskels schnell genug zu vermindern pflegen, so darf man wohl annehmen, daß in der Tat das radiale Nervensystem die Reizschwelle im Muskel erhöht.

b) Der Einfluß des Schlundringes auf die Reizschwelle der Längsmuskeln.

1. *Stichopus regalis*, ein Längsmuskel mit Radialnerv und Schlundring liegt auf einer Glasplatte. Am analen Ende des Muskels ist durch einen Faden ein Gewicht befestigt, das frei über den Rand der Glasplatte herabhängt. Die Elektroden sind wie in den vorigen Versuchen angebracht.

a) mit Schlundring	5	7
b) der gleiche Muskel; es wird der Schlundring abgeschnitten, der Radialnerv intakt gelassen	5	7,5—8

2. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung.

a) mit Schlundring	5	8
b) gleicher Muskel ohne Schlundring	5	8,5

3. *Stichopus regalis*, an meinem Apparate.

a) Längsmuskel mit Schlundring	5	8,5
b) anderer Längsmuskel ohne Schlundring	5	9

4. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung.

a) Längsmuskel mit Schlundring	5	10—10,5
b) anderer Längsmuskel ohne Schlundring	5	12,5

5. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung.

a) Längsmuskel mit Schlundring	5	8,5
--------------------------------	---	-----

	Last in g	Rollenabstand (Schwelle) in cm
b) anderer Muskel ohne Schlund- ring	5	9
6. <i>Stichopus regalis</i> , gleiche Anordnung.		
a) Längsmuskel mit Schlundring	5	8,5
b) anderer Muskel ohne Schlund- ring	5	9,5
7. <i>Stichopus regalis</i> , gleiche Anordnung.		
a) Längsmuskel mit Schlundring	16	7,5
b) anderer Muskel ohne Schlund- ring	16	8,5
8. <i>Stichopus regalis</i> , gleiche Anordnung.		
a) Längsmuskel mit Schlundring	16 26	9 (schwach) 8,5
b) Längsmuskel ohne Schlund- ring	6 26	10 9,5

Der Versuch 8, in anderer Absicht angestellt, wird hier nur der Vollständigkeit halber mitgeteilt. Er zeigt dasjenige, was wir beweisen wollen, trotz der kleinen Verschiedenheit in der Belastung.

Gegenüber diesen 8 Versuchen mit deutlicher Zunahme der Erregbarkeit stehen, neben 2 Versuchen, bei denen ein Unterschied in der Reizschwelle sich nicht ergab, im ganzen 2 Versuche, bei denen der schlundringlose Muskel weniger erregbar war als derjenige, der noch im Zusammenhang mit dem Schlundringe steht:

1. <i>Stichopus regalis</i> , gleiche Anordnung.		
a) Längsmuskel mit Schlundring	6	8,5
b) ein anderer Längsmuskel ohne Schlundring	6	7,5
2. <i>Stichopus regalis</i> , gleiche Anordnung.		
a) Längsmuskel mit Schlundring	5	8,5
b) ein anderer Muskel ohne Schlundring	5	7,5

Trotz dieser beiden Fälle dürfte Erregbarkeitssteigerung nach Entfernung des Schlundringes erwiesen sein. Ich wies schon oben darauf hin, daß jedwede Schädigung bei diesen Muskeln die Erregbarkeit auch für den faradischen Strom zum Abnehmen bringt (scheinbare Erregbarkeitssteigerung findet hier ebenso wenig statt wie bei *Aplysia*); so kann es uns nicht wundern, daß beim Objekte, das wir vom Schlundringe isolierten, zuweilen die Erregbarkeit sinkt. Ich habe alle Schwellbestimmungen bei jedem einzelnen Objekt häufig ausgeführt, stets die Elektroden an eine andere Stelle des Präparats anlegend. So darf ich wohl die angeführten Zahlen als zuverlässig betrachten. Ich mache ferner darauf aufmerksam, daß ich gleichlautende Resultate sowohl unmittelbar nach Exstirpation des Schlundringes (Versuch 1 und 2) als längere Zeit nach diesem Eingriffe erhalte.

c) Kurz seien noch die Versuche mitgeteilt, bei denen die Reizschwelle eines Längsmuskels mit Schlundring und Radialnerv verglichen wird mit derjenigen eines Längsmuskels ohne beide Abschnitte des Zentralnervensystems.

1. *Stichopus regalis*, an meinem Apparat.

	Last in g	Rollenabstand (Schwelle) in cm
a) Längsmuskel mit Radialnerv und Schlundring	3	10
b) anderer Längsmuskel ohne Radialnerv (und ohne Schlundring)	3	11,5

Bei einem weiteren Versuche gleicher Art war vom Schlundring im Fall a nur ein Stück erhalten:

2. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung.

a) Längsmuskel mit Radialnerv und einem Stück Schlundring	6	6
b) anderer Längsmuskel ohne Schlundring und ohne Radialnerv	6	6,5

Die hohe Reizschwelle in beiden Fällen zeigt, daß die Präparate von einem geschädigten Tiere stammen, auch ist die Gegenwart von nur einem Stück Schlundring nicht angetan, diesen Versuch als zuverlässig erscheinen zu lassen.

Ich verfüge daher nur über einen einzigen brauchbaren Versuch, und wenn dieser auch auszusagen scheint, daß die Doppel-exstirpation einen größeren Einfluß auf das Herabgehen der Reizschwelle ausübt als jede Einzelexstirpation (im Durchschnitt) für sich, so kann ich dies doch nicht für bewiesen halten, da zu solchen Feststellungen stets zahlreiche Versuche nötig sind.

Das Resultat dieser drei Gruppen von Untersuchungen ist also folgendes: welchen von den beiden Teilen des Zentralnervensystems wir auch wegnehmen, stets steigt die Erregbarkeit. Gewiß zwingt uns das für unser Objekt charakteristische Schwanken der Reizschwelle zu einem Beweis auf Grund von nicht stets eindeutigen Resultaten; allein die Zahl der positiven Ergebnisse dürfte uns doch zu der soeben aufgestellten Behauptung berechtigen.

An sich ist die Feststellung dieses Verhaltens wohl nicht sonderlich interessant. Doch gewinnt sie von drei Gesichtspunkten aus mehr Bedeutung.

Der erste dieser Gesichtspunkte ist die Analogie des genannten Verhaltens mit demjenigen, welches wir früher bei den Schnecken kennen lernten. Bei den Schnecken beeinflußt das Cerebralganglion die Reizschwelle der Muskeln in gleicher Weise wie das Radialnervensystem der Holothurien. Ich habe nun aber ferner gezeigt daß auf Grund dieses Einflusses das Schneckencerebrale die Bewegung des ihm unterstellten Systems nach Quantität und Richtung zu steuern vermag (Exstirpationsversuche bei *Aplysia*).¹⁾ Nun liegen Resultate derartiger Exstirpationsversuche bei Holothurien nicht vor. Es ist aber immerhin von Bedeutung, solch ein analoges Verhalten zwischen dem Cerebralganglion der Schnecken und dem Radialnervensystem der Holothurien wahrscheinlich gemacht zu haben. Dies ist um so interessanter, als bei Medusen, die wir gleichfalls zu den „Reflex-armen“ zu rechnen haben, sich das gleiche Verhalten hat nachweisen lassen. Andererseits ist dieser Einfluß der Zentra auf die Reizschwelle keineswegs eine allgemeine Eigenschaft der Zentralorgane. Während z. B. der genannte Einfluß für das Cerebralganglion leicht deutlich zu machen ist, fehlt er dem Pedalganglion der nämlichen Tiere vollkommen. In gleicher Weise üben die Ganglien der Crustaceen keinen analogen Einfluß auf die ihnen unterstellten Bewegungsorgane aus. All das gibt uns ein Recht zur Annahme, daß für

1) JORDAN, HERMANN, Die Physiologie der Lokomotion bei *Aplysia limacina*, in: Ztschr. Biol., Vol. 41. 1901, p. 196—238.

die „Reflexarmen“ die beschriebene quantitative Beeinflussung der Reizschwelle nicht nur typisch, sondern der Ausdruck der normalen leitenden Beeinflussung der Peripherie durch die Zentra sei. Es ist Sache weiterer Untersuchungen, nachzuforschen, inwieweit diese Meinung auch für die Holothurien das Richtige trifft. Für mich lagen eingehende Untersuchungen dieser Art nicht auf dem mir durch das Problem der Tonusfunktion vorgeschriebenen Wege.

Ein weiterer Gesichtspunkt, der die Mitteilung obiger Resultate veranlaßt, ist der, daß die Methode, die bei den Schnecken dazu beitrug, Cerebral- und Pedalganglien als funktionell verschiedenartige Organe voneinander zu sondern, dies dem Radialnerven und dem Schlundring gegenüber nicht vermag. Es gelang uns bisher der Nachweis nicht, daß der Schlundring in der Bewegungsleitung eine spezifische Funktion besitze (von der Verbindung der 5 Radien abgesehen).

Der Hauptgrund jedoch, um dessentwillen wir uns mit den in Frage stehenden Untersuchungen beschäftigten, ergibt sich aus dem folgenden Kapitel, in dem wir den Einfluß des zentralen Nervensystems auf den Tonus der Muskeln untersuchen und zu dem wir der Kenntnis des Einflusses auf die Erregbarkeit bedürfen. Gilt es doch gerade zu untersuchen, ob zwischen den Erscheinungen des Tonus (nicht der Tonusfunktion!) bei den echten Muskeln der Holothurien und ihrer Erregbarkeit prinzipielle Unterschiede bestehen.

III. Der Einfluß des Zentralnervensystems auf den Tonus der echten Muskeln.

Ich bin zunächst eine Erklärung dafür schuldig, daß ich mit soviel mehr Aufmerksamkeit den Einfluß des Zentralnervensystems auf den „Tonus“ als auf die Leitung der Reflexerregbarkeit verwende. In der Tat ist es ja die Aufgabe des Biologen, das Gesamtgeschehen innerhalb des Bewegungsapparats zu beschreiben; allein der Forscher wird seine hauptsächlichste Tätigkeit gern auf solche Teile jenes Gesamtgeschehens konzentrieren, die infolge etwa besonders anatomischen Verhaltens bei einem bestimmten Objekte in hervorragender Weise lösbar erscheinen. Die Holothurie zeigt, wie wir wissen, ein einzigartiges Verhalten: sie besitzt zwei grundverschiedene Arten von Muskelementen, von denen praktisch nur die eine Art Erregbarkeit im gebräuchlichen Sinne des Wortes zeigt. Beide Arten jedoch sind befähigt, einen relativen Verkürzungsgrad

dauernd beizubehalten, die echten Muskeln gelegentlich, die Hautfasern stets. Nun behaupte ich seit langem, daß die Dauerverkürzung eines Muskels, dem die Tonusfunktion abgeht, etwas grundsätzlich anderes ist als diejenige Dauerverkürzung, die der Tonusfunktion zur Grundlage dient. Ich glaube, daß die Hauptursache davon, daß bei den ärztlich, d. h. vornehmlich an den Wirbeltieren, geschulten Fachgenossen meine Lehre von der Tonusfunktion auf Widerspruch stößt, gerade darin zu suchen ist, daß jene Forscher einen Unterschied zwischen Dauererregung und Tonus meist nicht zu machen gewillt sind. Wenden sich nun solche Forscher an ein hohlorganartiges Tier, wie z. B. die Schnecken, dann werden sie nicht selten durch die Tatsache in ihrem Irrtume bestärkt, daß die Muskeln dieser Tiere sowohl der Tonusfunktion als der Erregbarkeit und somit beider Formen der Dauerverkürzung fähig sind. Das Studium der Holothurien gab mir die Beweise in die Hand, daß meine Auffassung richtig war. Ich habe das teilweise schon in meiner ersten Mitteilung ausgeführt. Nunmehr habe ich die Resultate mitzuteilen, die mir eine vergleichende Untersuchung des Zentreneinflusses auf die Dauerverkürzung der echten Muskeln und auf die Tonusfunktion der Hautfasern liefern. Es leuchtet ein, daß sich aus solch einer Untersuchung Gesichtspunkte für das Wesen der beiden Formen von Dauerverkürzung werden finden lassen. Ich teile zunächst meine Resultate mit.

A. Der Radialnerv.

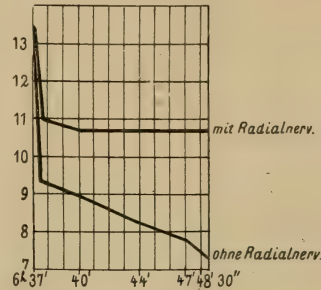
In allen Versuchen werden zwei Längsmuskelbänder, von denen das eine noch seinen Radialnerven besitzt, das andere nicht, auf meinem Apparat am Zeigerhebel genau nach Vorschrift befestigt. Bei beiden Präparaten ist der Schlundring entfernt. Es werden an jeden Zeigerhebel je das nämliche Gewicht gehängt, das dann nach Entbremsung seinen Zug auf die (tonischen) Muskeln ausübt. Der Zeiger bestreicht (wie in meiner technischen Mitteilung angegeben) eine Skala, die von 13,2 (stärkste meßbare Verkürzung) bis etwas unter 0 (größte meßbare Dehnung, in den Protokollen angegeben als 0∞) reicht. Nach Einwirkung der Last (die Entbremsung findet stets zum ersten in der Tabelle angeführten Zeitpunkte statt) beobachten wir die allmähliche Dehnung unter Einwirkung dieser Last, indem wir zu bestimmten Zeitpunkten den Zeigerstand beider Präparate aufschreiben. Für viele Fälle ist diese Methode schneller und übersichtlicher (schon weil wir stets gleichwertige Punkte der beiden verglichenen Kurven erhalten) als die graphische. Was die

Zahlenreihen nicht anschaulich auszudrücken imstande sind, ergibt sich aus den nach ihnen gezogenen Kurven. Im übrigen (besonders was die Einstellung betrifft) sei auf meine früheren (z. T. hier zitierten) Publikationen verwiesen.

Fig. A.

Vergleichung der Dehnungskurven eines Längsmuskels von *Stichopus regalis* mit — und eines solchen ohne Radialnerv, bei einer Last von 3 g. Siehe das Protokoll des ersten Versuches dieser Art bis 6 h 48' 30".

NB. Alle Kurven sind von links nach rechts zu lesen. Die Ordinaten bedeuten den Zeigerstand in Zahlen der Skalen meines Apparats, die Abscissen die Zeit.



1. *Stichopus regalis* (s. Fig. A), zunächst mit je 3 g belastet. Aufnahme der Kurven bald nach der Präparation.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv	Längsmuskel ohne Radialnerv
6 h 37' ¹⁾	13,2	13,2
6 h 37' 30"	11	9,35
6 h 40'	10,7	9,0
6 h 44'	10,7	8,25
6 h 47'	10,7	7,8
6 h 48' 30"	10,7	7,3
	gebremst u. im ganzen mit 5 g belastet	gebremst, im ganzen mit 5 g belastet
6 h 49' entbremst	—	entbremst, sofort 0 ∞
6 h 50'	9,7	—
6 h 52'	schneller Fall	—
6 h 53'	0	—
6 h 53' 30"	0 ∞	—

2. *Stichopus regalis*, gleiche Anordnung. Die Muskeln je mit 8 g belastet.

6 h 17'	13,2	13,2
6 h 19'	6,35	5,75
	weitere 2 g werden angehängt	weitere 2 g werden angehängt

1) Zeitpunkt der Entbremsung.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv	Längsmuskel ohne Radialnerv
6 h 21'	5,75	4,35
6 h 26'	5,75	3,25
6 h 33'	5,0	2,0
6 h 41'	4,55	0,7
6 h 46'	4,4	0 ∞
7 h 12'	1,0	

Die Tatsache, daß der Muskel, der seinen Radialnerven noch besitzt, nicht nur den größten Widerstand gegen die Ausdehnung leistet, sondern, wenn gedehnt, auch die stärkste Spannungszunahme aufweist, ergibt sich, wenn wir nunmehr beide Muskeln bis auf 1 g von ihrer Last befreien.

Die zum Zeigerhebel führenden Fäden werden gebremst und alle Last bis auf 1 g entfernt. Um 9 h 1' wird entbremst (Fig. B).

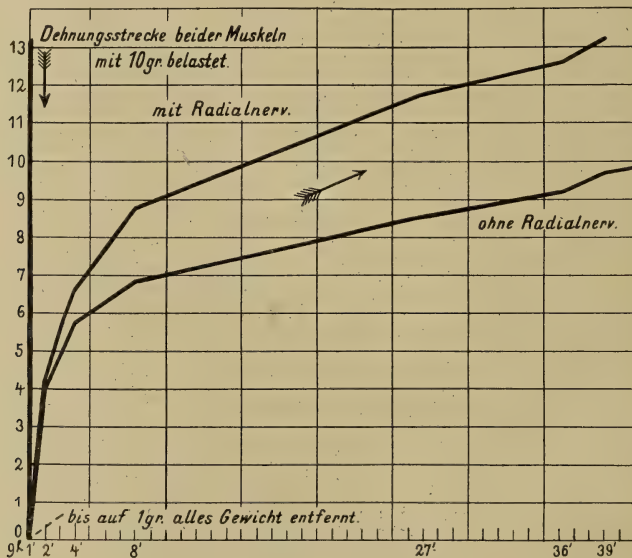


Fig. B.

Wiederverkürzungskurven nach Entlastung zweier Längsmuskeln von *Stichopus regalis*, der eine mit, der andere ohne Radialnerv. Beide Muskeln sind zuvor um die Strecke 13,2—0 gedehnt worden (in der Figur als auf stehender Kymographiontrommel aufgenommen und in eine Linie zusammenfallend dargestellt). Siehe das Protokoll von Beispiel No. 2 der Versuche, die sich auf die Wiederverkürzung nach Entlastung beziehen.

Es war mit je 10 g belastet worden, bei der Entlastung wurden je 9 g entfernt.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv	Längsmuskel ohne Radialnerv
9 h 1'	0 entbremst	0 entbremst
9 h 2'	4,3	4
9 h 4'	6,6	5,75
9 h 8'	8,65	6,85
9 h 27'	11,7	8,5
9 h 36'	12,5	9,15
9 h 39'	13,2	9,65
9 h 55'	—	11,0
10 h	—	11,5
10 h 12'	—	12,0
10 h 20'	—	12,23
10 h 25'	—	12,5
10 h 28'	—	13,2

Ich habe in der ersten Mitteilung gezeigt, daß die vollkommene Wiederverkürzung zur Ausgangslänge keineswegs als rein elastische Reaktion aufzufassen ist; vielmehr setzt bei diesen Muskeln eine Art von Kontraktur ein. Solcher Kontraktur ist also der radialnervlose Muskel zwar fähig, jedoch tritt sie nicht in demselben Maße auf wie bei dem Muskel, der noch im Besitze seines Radialnerven ist, obwohl jener die höhere Erregbarkeit an und für sich besitzt. All das zeigt uns, daß (neben rein peripherem Geschehen) der Radialnerv dem Muskel Dauererregung zu übermitteln imstande ist.

Ich lasse noch zur Bestätigung des Gesagten zwei weitere Protokolle folgen.

3. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch, möglichst bald nach der Präparation. Last = 5 g.

11 h 5'	13,2	13,2
11 h 6'	12,85	11,65
11 h 9'	12,8	11,5
	Es werden weitere 2 g angehängt	Es werden weitere 2 g angehängt
11 h 10'	9,0	fällt sofort auf 0 ∞
11 h 11'	8,55	—
11 h 13'	8,3	—
11 h 20'	6,1	—
11 h 22'	6,1	—

4. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch. Belastung 8 g.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv	Längsmuskel ohne Radialnerv
11 h 2'	13,2	13,2
11 h 4'	12,5	10,4
	Es werden weitere 5 g angehängt ¹⁾	Es werden weitere 5 g angehängt
11 h 6'	11,5	8,85
11 h 11'	11,25	8,3
11 h 18'	11,05	8,05
	Weitere 5 g	Weitere 5 g
11 h 21'	7,6	5,2
11 h 41'	7,8 (Kontraktur)	5,6 (Kontraktur)

Um 11 h 42' wird die Last bis auf 1 g entfernt und die zuvor geschlossene Bremse gelöst.

11 h 42' 30"	12,6	10,35
11 h 44'	13,2	11,5
11 h 53'	—	12,7
12 h 2'	—	13,2

Belasten wir nunmehr aufs neue jeden Muskel mit 16 g, so tritt der zu veranschaulichende Unterschied noch deutlicher zutage. Um 12 h 15' beginnt die Last einzuwirken. Um 12 h 20' steht der Zeiger des Muskels mit Radialnerv auf 8,8, der Zeiger des nervlosen Muskels aber auf 0 ∞.

Ich verzichte auf Wiedergabe weiterer Protokolle, da das mitgeteilte Verhalten sich ausnahmslos ergab. Eine Statistik ist daher überflüssig.

B. Der Einfluß des Schlundringes auf den Tonus der Längsmuskelbänder.

Wir vergleichen nunmehr zwei Muskellängsbänder miteinander auf die nämliche Weise wie im vorigen Abschnitte. Beide Muskeln besitzen noch ihren Radialnerven, aber nur einer der beiden Muskeln steht noch mit dem Schlundring in Verbindung.

1) Die Tatsache, daß wir es mit einem elastischen Tonus zu tun haben, bringt es mit sich, daß ein bestimmtes Gewicht nicht über eine bestimmte Grenze hinaus dehnend wirkt (s. Mitteil. 1). Ist diese Grenze erreicht, dann müssen wir mehr Last zur Anwendung bringen, um weitere Dehnung zu erzielen.

1. *Stichopus regalis*, Versuchsanordnung wie in den Versuchen des vorigen Abschnitts. Last 11 g. Bald nach der Präparation werden die Kurven aufgenommen.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv und Schlundring	Längsmuskel mit Radialnerv aber ohne Schlundring
10 h 4' p. m.	13,2	13,2
10 h 6'	12,45	12,05
	Es werden weitere 5 g angehängt	Es werden weitere 5 g angehängt
10 h 12'	9,8	11,2
10 h 14'	8,0	10,0
10 h 25'	6,4	9,1
10 h 40'	0,2	3,6
	Bis auf 1 g wird die Last beseitigt.	
Am anderen Morgen:	6,4	8,8

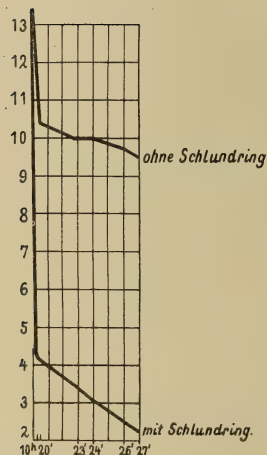
2. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch, 6 g, sofort nach der Präparation.

Zeit	Längsmuskel mit Schlundring und Radialnerv	Längsmuskel ohne Schlundring aber mit Radialnerv
6 h 35'	13,2	13,2
6 h 35' 30"	9,5	11,5
	Es werden weitere 5 g angehängt	Es werden weitere 5 g angehängt
6 h 36' 30"	4,8	6,5
6 h 38'	3,9	5,1
6 h 39'	3,0	3,9
6 h 40'	2,3	2,95
6 h 42'	1,35	1,35
6 h 44'	0,3	0 ∞
6 h 44' 30"	0 ∞	—

3. *Holothuria tubulosa*, gleicher Versuch, 8 g, 10 Minuten nach der Präparation.

Zeit	Längsmuskel mit Schlundring	Längsmuskel ohne Schlundring
5 h 56'	13,2	13,2
5 h 57'	11,5	12,8

Zeit	Längsmuskel mit Schlundring	Längsmuskel ohne Schlundring
5 h 59'	11,05	12,75
6 h 2'	Es werden weitere 10 g angehängt	Es werden weitere 10 g angehängt
6 h 2' 15"	9,3	11,85
6 h 4'	8,5	11,2
6 h 5'	7,9	9,9
6 h 9'	8,2	8,85
6 h 12'	7,95	11,4
6 h 13'	7,9	10,5
6 h 16'	8,5	9,6
6 h 24'	8,55	10,25
	Es werden weitere 5 g angehängt	Es werden weitere 5 g angehängt
6 h 33'	7,45	10,7
6 h 34'	7,35	10,6
— —	— —	— —
8 h 45'	1,5	6,6



Man beachte, daß das ringlose Präparat nicht nur dauernd den größeren Widerstand aufweist, sondern beim Auftreten der eigenartigen Schwankungen des Verkürzungszustandes die größere Erregung offenbart (mit Ring maximal 0,6 — ohne Ring maximal 2,55 Teilstriche).

Fig. C.

Vergleichung der Dehnungskurven eines Längsmuskel von *Stichopus regalis* mit und eines solchen ohne Schlundring bei einer Last von 3 g. Siehe das Protokoll des 4. Versuches dieser Art.

4. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch (s. Fig. C), unmittelbar nach der Präparation. Last 3 g.

10 h 20'	13,2	13,2
10 h 20' 15"	4,4	11,1
10 h 21' 30"	4,15	10,4

Zeit	Längsmuskel mit Schlundring	Längsmuskel ohne Schlundring
10 h 23'	3,55	10,0
10 h 24'	3,0	10,0
10 h 26'	2,6	9,8
10 h 27'	2,3	9,5

Zum Schluß noch ein ganz besonders typisches Protokoll, aus dem sich auch die Tatsache in besonderer Weise ergibt, daß wir es bei alledem mit elastischem Tonus zu tun haben.

Stichopus regalis, gleicher Versuch, kurz nach der Präparation, mit 6 g Last.

3 h 32'	13,2	13,2
3 h 33'	12	12,4
3 h 41'	12	12,4
	Es werden weitere 5 g angehängt	Es werden weitere 5 g angehängt
3 h 41' 30"	10,8	11,7
3 h 42'	10,4	11,4
3 h 45'	9,95	11,3
3 h 50'	9,95	11,3
3 h 51'	Weitere 5 g	Weitere 5 g
3 h 51' 15"	9,0	10,8
3 h 54'	8,2	10,7
3 h 58'	7,85	10,65
4 h 4'	7,65	10,65
4 h 5'	Weitere 5 g	Weitere 5 g
4 h 6'	6,7	10,3
4 h 8'	5,75	10,15
4 h 15'	4,75	9,85
4 h 25'	3,6	9,0
4 h 35'	2,8	8,0
4 h 58'	0 ∞	4,1

Im ganzen erhielt ich 12mal dieses Resultat, und nur 2mal war solch ein Verhalten nicht nachzuweisen (größerer Widerstand des Muskels mit Schlundring, wobei jedoch in einem Falle der schlundringlose Muskel und nur dieser, nach einiger Zeit Kontraktur, also doch die größere „tonische“ Erregung, zeigte. D. h. während das Vergleichspräparat sich weiter dehnte, fing dieser Muskel an, sich

spontan und dauernd mehr und mehr zu verkürzen). Bei dem Mißverhältnis zwischen der Zahl positiver und negativer Resultate, zugunsten der positiven, ist es wohl gerechtfertigt, von einer Reproduktion derjenigen Protokolle abzusehen, die sich auf Versuche mit negativem Resultate beziehen.

Aus dem Mitgeteilten ergibt sich folgendes. Dauerverkürzung und Kontraktur¹⁾ sind Erscheinungen, die sich allerdings auch am Muskel ohne Radialnerv wahrnehmen lassen, sowie ja solch ein Muskel auch reizbar ist. Allein neben der Erregung, die der Muskel offenbar durch unmittelbare (muskuläre) Reize erhält, übermittelt der Radialnerv noch weitere Erregung, die sich sowohl in größerem Widerstand gegen dehnende Last als auch in schnellerer und ergiebigerer Wiederverkürzung nach Entlastung offenbart. Wir haben es hier also mit einem außerordentlich typischen Fall für rein „muskulären Tonus“ und den sich hier stets hinzugesellenden „Zentraltonus“ zu tun. Daß sich der Zentraltonus mit solcher Leichtigkeit nachweisen läßt, ist um so auffallender, als das Radialnervensystem an sich die Erregbarkeit herabsetzt. Man kann daher annehmen, daß im Muskel mit Radialnerven der Zentraltonus noch weitergehend über den muskulären Tonus überwiegt, als unsere vergleichenden Versuche dies zur Anschauung zu bringen imstande sind.

Die Tatsache, daß ein Muskel, der neben dem Radialnerven noch mit dem Schlundring in Verbindung steht, stets weniger Tonus, weniger Kontrakturerscheinungen aufweist als der analoge Muskel, der dem Einflusse des Schlundringes entzogen ist, sagt uns nichts Neues: das Verhalten erklärt sich durch die Tatsache, daß der Schlundring in dem ihm unterstellten System die Reizschwelle steigert, was wir ja feststellen konnten und was durch das letzt-erwähnte Ergebnis eine Bestätigung erfuhr. Erregung übermittelt der Schlundring dem Muskel also nicht, sondern er vermindert seine Erregbarkeit und damit auch dasjenige, was wir Tonus und Kontraktur bei diesem Muskel nannten.

Interessant ist hierbei die Feststellung, daß die Höhe des Tonus auch von der Reizschwelle abhängt. Die Frage, was an den von uns beobachteten Erscheinungen, wie Tonus oder Kontraktur, pathologisch ist, hat für unsere Untersuchung keine Bedeutung. Daß der

1) So wollen wir die spontane andauernde Zunahme des Verkürzungsgrades nennen, die zuweilen auch am belasteten Muskel wahrzunehmen ist.

Schlundring für den Muskeltonus nur indirekt von Bedeutung ist, ergibt sich auch aus folgenden Versuchen:

C. Vergleichung eines Längsmuskels, der im Besitz des Radialnerven und in Verbindung mit dem Schlundring ist, mit einem Längsmuskel, dem jegliches Zentralnervensystem fehlt, in ihrem Verhalten gegenüber Belastung.

1. *Stichopus regalis*, gleiche Versuchsanordnung wie in den vorhergehenden Abschnitten. Sofort nach der Präparation wird die Dehnungskurve beider Muskeln aufgenommen. Die Last beträgt 3 g.

Zeit	Längsmuskel mit Schlundring und Radialnerv	Längsmuskel ohne jedes Zentralnervensystem
11 h 38'	13,2	13,2
11 h 38' 30"	5,4	5,4
11 h 39'	5,0	4,5
11 h 40'	4,6	4,0
11 h 42'	4,2	2,8
11 h 43'	3,9	2,0
11 h 45'	3,25	1,2
11 h 47'	3,0	0 ∞

2. *Stichopus regalis*, gleicher Versuch, 5 Minuten nach der Präparation werden die Dehnungskurven aufgenommen. Die Last beträgt 6 g.

Zeit	Längsmuskel mit Radialnerv und einem Stück vom Schlundring	Längsmuskel ohne jedes Zentralnervensystem
4 h 45'	13,2	13,2
4 h 45' 15"	6,5	0 ∞

Wenn auch zugegeben werden muß, daß zwei Versuche dieser Art wenig sind, so zeigt sich doch wie mir scheint hinreichend, daß der Schlundring keineswegs imstande ist, auf die Übermittlung vom „Zentraltonus“ auf den Muskel eine (entschiedene) Hemmung

auszuüben.¹⁾ Vielmehr zeigt sich der Zentraltonus recht deutlich, trotz der Anwesenheit des Schlundringes. So dürfte denn in der Tat der an sich erwiesene Einfluß des Schlundringes auf die Reizschwelle die Erklärung sein für den höheren Tonus des schlundringlosen Muskels.

IV. Die Bedeutung des Zentralnervensystems für die Dehnungskurve der muskelähnlichen Fasern der Haut.

Es ist nunmehr unsere Aufgabe, die Abhängigkeit der Dehnungskurve der Hautfasern von den einzelnen Teilen des Zentralnervensystems festzustellen, in gleicher Weise, wie wir das im vorigen Abschnitte für die echten Muskeln getan haben.

A. Die Dehnungskurve eines Hautstreifens mit Radialnerv wird verglichen mit derjenigen eines Hautstreifens ohne diesen Nerven.

1. Die Dehnungskurve. Wir untersuchen nun im folgenden die Reaktion von Hautstreifen auf Last, wie wir das bei den in Mitteilung No. 1 veröffentlichten Versuchen taten. Allein nunmehr vergleichen wir das quantitative Ergebnis, das wir bei zwei verschiedenen, zugleich belasteten Hautstreifen erhalten, von denen der eine den Radialnerv noch besitzt, der andere nicht. Hierzu ist nun zunächst zu bemerken, daß die Ausmaße der verwendeten Hautstreifen an sich willkürlich sind. Daher muß der Experimentator dafür sorgen, daß die beiden miteinander verglichenen Hautstreifen einander genau gleich sind. Solange wir „radiale Bahnen“ miteinander vergleichen, stechen wir die Streifen so aus, daß wir vor Entfernung der Längsmuskeln das Messer genau den Rändern des Längsmuskels entlang führen. Die Länge der Streifen wird mit einem Zirkel abgemessen. Wenn wir eine „radiale Bahn“ mit einer „interradialen Bahn“ vergleichen, dann muß in jeder Beziehung mit dem Zirkel für die Gleichheit der Ausmaße gesorgt werden.

Die Längsmuskeln²⁾ werden bei beiden Präparaten sorgfältig

1) Die im Abschnitt B mitgeteilten Versuche würden an sich solch eine Auffassung nicht ausgeschlossen haben.

2) Die Ringmuskellage läßt man besser intakt. Ich habe dies stets getan, nachdem ich mich davon überzeugt hatte, daß hierdurch am Resultat nichts geändert wird. Natürlich gilt das nur für Versuche, bei denen die Haut in der Längsrichtung untersucht wird.

entfernt. Die beiden Hautstreifen kommen je an einen der beiden Zeigerhebel meines Apparats und werden genau nach den bei der Beschreibung dieses Apparats gegebenen Vorschriften ¹⁾ eingestellt.

1. *Stichopus regalis*. Eine ganze „Radialbahn“ der Haut wird durch einen mittleren Querschnitt in zwei gleiche Hälften zerlegt. Die eine Hälfte wird ihres Stückes vom Radialnerven beraubt, während die andere in dessen Besitz bleibt. Die Kurve wird bald nach der Präparation aufgenommen. Last je 16 g.

Zeit	Hautstreifen mit Radialnerv	Hautstreifen ohne Radialnerv
2 h 53'	13,2	13,2
2 h 54'	10,6	12,2
2 h 56'	9,25	10,6
2 h 58	7,6	9,85
3 h 4'	4,75	8,7
3 h 7'	3,7	8,35
3 h 10'	2,5	7,95

2. *Holothuria tubulosa* (Fig. D). Zwei Radialbahnen der Haut, links mit, rechts ohne Radialnerv. Die Präparation ist um 4 h 20' beendet. Last je 6 g.

4 h 54'	13	13
4 h 55'	11,6	12,8
4 h 57'	10,8	12,6
5 h	9,3	12,25
5 h 3'	8,3	12,0
5 h 7'	7,0	11,55
5 h 11'	5,65	11,2
5 h 15'	4,6	10,85
5 h 18'	3,4	10,55
5 h 24'	1,0	9,85
5 h 27'	0 ∞	9,55

Ich lasse ein weiteres Protokoll folgen als Beispiel dafür, daß die Unterschiede zwischen den beiden Kurven nicht stets so enorm sind wie in den ersten mitgeteilten Resultaten.

1) In: Arch. ges. Physiol., Vol. 121, 1908, p. 221.

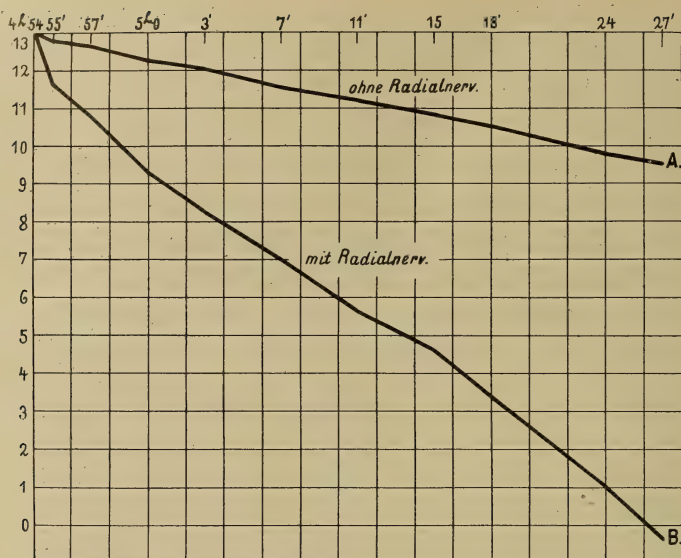


Fig. D.

Dehnungskurven zweier Hautlängsstreifen gleicher Länge und gleicher Breite, einem Radienpaare entsprechend, von *Holothuria tubulosa*; A ohne, B mit Radialnerv. Belastung 6 g. Siehe das Protokoll des zweiten Versuches dieser Gattung.

3. *Holothuria tubulosa*. Gleichartige Präparate wie in Versuch 2. Die Präparation ist beendet um 10 h 15'. Last je 8 g.

Zeit	Hautstreifen mit Radialnerv	Hautstreifen ohne Radialnerv
10 h 30'	13,2	13,2
10 h 32'	12,65	12,8
10 h 34'	11,0	11,4
10 h 36'	10,5	11,1
10 h 38'	10,1	10,8
10 h 41'	9,6	10,5
10 h 51'	8,0	9,5
11 h 5'	5,75	8,15
11 h 12'	4,65	7,5
11 h 29'	2,05	6,05
11 h 33'	1,4	5,65
11 h 42'	0 ∞	4,8

Der Versuch wurde außerordentlich häufig, und zwar ausnahmslos, mit dem nämlichen Resultat wiederholt. Die Gleich-

artigkeit des Resultats ist für die Holothurienhautmuskeln charakteristisch; denn da diese Fasern praktisch fast unerregbar sind, fallen alle durch unkontrollierbare Reizungen aller Art verursachten Variationen des Verhaltens weg. Daher sehe ich denn auch davon ab, in Form einer Statistik (die ja bei den echten Muskeln zum Teil notwendig war) alle Protokolle mitzuteilen. Es sei mir dahingegen gestattet, die Resultate einiger Kontrollversuche hier noch wiederzugeben.

Man könnte mir den Einwand machen, daß der größere Widerstand gegen die Dehnung, den der nervenlose Hautstreifen bietet, eine Reizerscheinung sei, eine Art von Kontraktur hervorgerufen durch den Reiz der Radienexstirpation. An sich ist solch ein Einwand wenig wahrscheinlich: die nämliche Operation hatte auf die Muskelbänder, die in der Tat reizbar sind und zu Kontraktur neigen, genau die umgekehrte Wirkung, sie vermindert den Tonus.¹⁾ Die Haut aber ist vom Nervensystem aus mit den experimentell anwendbaren Mitteln nicht einmal reizbar! Nichtsdestoweniger wurden folgende Versuche angestellt.

a) Eine Radialbahn mit Nerv wird verglichen mit einer Interradialbahn, wobei die möglicherweise Kontraktur erzeugende umständliche Exstirpation des Radialnerven vermieden wird.

Holothuria tubulosa. Eine Radialbahn mit Nerv wird verglichen mit einer Interradialbahn der Haut (also ohne Nerv). Durch ungenaues Schneiden ist die Interradialbahn etwas dünner als die Radialbahn, daher geneigt, sich ceteris paribus rascher zu dehnen.

Die Präparation ist um 4 h 30' vollendet. Last je 16 g.

Zeit	Radialbahn	Interradialbahn
4 h 45'	13,2	13,2
4 h 45' 15"	11,5	12,1
4 h 46'	11,1	11,9
4 h 47'	10,75	11,75
4 h 49'	10,4	11,6
4 h 52'	9,75	11,4
4 h 55'	9,2	11,2

1) Nach meiner Erfahrung wird der einmalige Exstirpationsreiz nirgends mit dauernder Kontraktur beantwortet, die Zeit, die wir zwischen Präparation und Kurvenaufnahme in vielen Versuchen verstreichen lassen, ist mehr als hinreichend, um den allenfallsigen Exstirpationsreiz abklingen zu lassen.

Zeit	Radialbahn	Interradialbahn
5 h 12'	4,7	10,15
5 h 19'	2,8	9,6
5 h 26'	1,6	9,15
5 h 30'	0,4	8,85
5 h 32'	0 ∞	8,75

Mehrere Versuche gleicher Anordnung ergeben ausnahmslos gleiches Resultat.

b) Eine weitere Kontrolle besteht darin, daß diejenige Radialbahn, die noch im Besitz des Nerven ist, vorab gereizt wird und zwar durch den einzigen adäquaten Reiz: durch zahlreiche Stiche. Diese Stiche bedeuten ein Äquivalent für die, durch unseren Einwand anzunehmende (aber nicht erwiesene) Reizung durch Nervenexstirpation.

Holothuria tubulosa; zwei Hautlängsstreifen, links mit Radialnerv. Um 10 h 35' ist die Präparation beendet. Nunmehr wird das Objekt, welches den Radialnerven noch besitzt, durch zahlreiche Stiche gereizt. Last 16 g.

Zeit	Hautlängsstreifen mit Radialnerv, vorab gereizt	Hautlängsstreifen ohne Radialnerv, nicht gereizt
11 h 6'	13,2	13,2
11 h 6' 30"	8,1	10,5
11 h 13'	4,9	8,6
11 h 17'	3,9	8,0
11 h 20'	3,3	7,6
11 h 25'	2,7	7,0
11 h 30'	2,0	6,4
11 h 32'	1,7	6,2

c) Beide Kontrollmethoden werden kombiniert, das heißt, die Dehnungskurve einer Radialbahn (mit Radialnerv), die zuvor gereizt wurde, wird verglichen mit derjenigen einer Interradialbahn.

Holothuria tubulosa. Zwei Hautlängsstreifen der angegebenen Art werden mit je 16 g belastet. Die Präparation ist um 12 h 15' beendet. Der Interradius ist viel dünner ausgeschnitten als der Radius, daher ceteris paribus zu einer schnelleren (steileren) Dehnungskurve geneigt.

Zeit	Radialbahn mit Nerv, zuvor gereizt, dickes Stück	Interradialbahn ohne Nerv, nicht gereizt, dünnes Stück
12 h 35'	13,2	13,2
12 h 35' 30"	10,15	11,25
12 h 37'	8,7	10,35
12 h 39'	7,8	9,65
12 h 48'	4,7	7,05
12 h 57'	2,5	4,8

Unterbrochen.

Daß der Unterschied hier nicht so beträchtlich ist wie sonst, findet seine Erklärung in dem Umstande, daß die beiden Stücke ungleich dick sind, wie oben angegeben.

2. Die Entlastung nach vorhergegangener Dehnung durch Last.

Das Verhalten eines zuvor gedehnten Hautstreifens nach teilweiser Entlastung ist uns aus der ersten Mitteilung bekannt. Wir wissen, daß die geringfügige Wiederverkürzung mit nachfolgender neuerlicher Dehnung unter dem ausschließlichen Einflusse der belassenen Restlast, uns den besten Einblick gewährt in das charakteristische Verhalten des Muskels mit Tonusfunktion, verglichen mit Muskeln, denen diese Funktion abgeht. Hier ist es nunmehr unsere Aufgabe nachzuforschen, ob auch auf diese Erscheinungsreihe der Radialnerv seinen Einfluß ausübt.

1. *Holothuria tubulosa*. Zwei Radialbahnen, links mit, rechts ohne Radialnerv. Beide Präparate sind zunächst durch eine Last von 21 g (von 3 h 32'—3 h 41'), sodann je mit im ganzen 26 g gedehnt worden. Da, wie wir wissen, der Zeiger des Stückes mit Nerv eher den Nullpunkt erreicht als derjenige des nervenlosen Streifens, so müssen die beiden „Entlastungskurven“ unabhängig voneinander aufgenommen werden.

Zeit	Hautstreifen mit Nerv, mit 21, später 26 g	Hautstreifen ohne Nerv, mit 21, später 26 g
3 h 32'	13,2	13,2
4 h 8' 30"	0 ∞	5,45

Nunmehr wird das Präparat mit Nerv derart entlastet, daß am Zeigerhebel nur 3 g hängen bleiben. Der Hautstreifen ohne Nerv

bleibt ruhig dem Zuge der vollen Last (26 g) ausgesetzt. Die Entlastung geschieht so, daß zunächst die Bremse angezogen wird; sind die 23 g entfernt worden, dann stellt sich der Zeiger durch die partielle Entspannung desjenigen Fadenstückes, das sich zwischen Bremse und Zeiger befindet, ein auf 0,3. Sodann wird die Bremse gelöst und die Kurve aufgenommen, die das Stück mit Nerv ergibt.

Zeit	Zeigerstand, zum Hautstreifen mit Nerv gehörend
4 h 10'	0,3
entbremst	
Zeiger springt unmittelbar auf	0,8
4 h 10' 30"	0,85
4 h 12'	0,9
4 h 13'	0,95
4 h 15'	0,95
4 h 19'	0,95
4 h 22'	0,90
4 h 26'	0,80
4 h 30'	0,70
4 h 37'	0,45
4 h 42'	0,1
4 h 45'	0 ∞

} Maximum

Das nervenlose Stück. Der Zeiger erreicht um 5 h 4' den Stand 0 (von 4 h 45'—4 h 52' waren zur Beschleunigung weitere 4 g an den Zeigerhebel gehängt worden). Um 5 h 4' wird gebremst, alles Gewicht bis auf 3 g entfernt. Der Zeiger stellt sich infolge der Fadenelastizität auf 0,45. Um 5 h 5' wird entbremst.

Zeit	Zeigerstand, zum Hautstreifen ohne Nerv gehörend
5 h 5'	0,45
entbremst, der Zeiger springt	
unmittelbar auf	0,95
5 h 6'	1,05
5 h 7'	1,1
5 h 8'	1,15
5 h 9' 30"	1,2
5 h 18'	1,2

} Maximum

Zeit	Zeigerstand zum Haut- streifen ohne Nerv gehörend
5 h 19'	1,18
5 h 20'	1,15
5 h 26'	1,15
5 h 38'	1,05
6 h 42'	0,5
6 h 54'	0,4
7 h 30" p. m. .	0,2
9 h a. m.	0 ∞^1)

2. Ich lasse ein weiteres Beispiel folgen, bei dem beide Hautstücke zuvor ausgiebiger gedehnt wurden:

Holothuria tubulosa (Fig. E). Zwei Hautlängsstreifen (Radialbahnen), links mit, rechts ohne Radialnerv, werden um 10 h 32' je mit 23 g belastet.

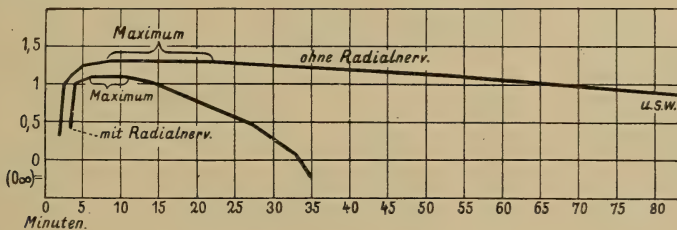


Fig. E.

Wiederverkürzungskurve zweier Hautlängsstreifen von *Holothuria tubulosa*, die unterste mit, die oberste ohne Radialnerv. Die der Entlastung vorangehende Dehnung (Last = 23 g) ist nicht gezeichnet. Die Dehnung beträgt mehr als 2mal die Strecke 13,2—0 ∞ . Die Darstellung beginnt erst nach Entfernung von 20 g, so daß nur 3 g Last verbleiben. Die beiden Kurven sind der Anschaulichkeit wegen so dargestellt, als ob sie (annähernd) gleichzeitig aufgenommen worden wären, daher ist die Zeit nicht wie sonst in bestimmten Tageszeiten, sondern schlechthin in Minuten angegeben. Bis auf diese Änderung siehe das Protokoll des zweiten Versuches dieser Gattung.

NB. Die Kurve des Hautstreifens ohne Radialnerv ist ihrer Länge wegen nur teilweise gezeichnet.

1) Dieser Stand ist natürlich früher, in meiner Abwesenheit, erreicht worden.

Zeit	Hautstreifen mit Nerv Zeigerstand	Hautstreifen ohne Nerv Zeigerstand
10 h 32'	13,2	13,2
10 h 58'	0 ∞	7,8
	Durch Zurückziehen des Präparats durch die Winde wird der Zeiger neuerdings auf 13,2 ein- gestellt	— ¹⁾
12 h 10'	0 ∞ (zum zweiten Male) Durch die Winde wird der Zeiger auf 1 gebracht	0 ∞ (zum ersten Male) Durch die Winde wird der Zeiger neuerdings auf 13,2 eingestellt
12 h 13'	0 Nach Bremsung wird alles Gewicht bis auf 3 g ent- fernt. Noch vor der Ent- bremsung stellt sich der Zeiger durch die Faden- elastizität auf 0,4	— —
12 h 13' 30" entbremst	0,4	—
12 h 14'	1,0	—
12 h 15'	1,05	—
12 h 16'	1,10	—
12 h 20'	1,10	—
12 h 21'	1,10	—
12 h 21' 30"	1,09	—
11 h 22' 30"	1,05	—
12 h 25'	1,0	—
12 h 37'	0,5	—
12 h 43'	0,1	—
12 h 45'	0 ∞	—
2 h 30'	—	0 ∞ (zum zweiten Male) Durch die Winde wird der Zeiger auf 1 neuein- gestellt

1) Die Dehnungskurve ist hier nicht wiedergegeben.

Zeit	Hautstreifen mit Nerv Zeigerstand	Hautstreifen ohne Nerv Zeigerstand
2 h 41' 30"	—	0 Nach Bremsung wird alles Gewicht bis auf 3 g ent- fernt. Noch vor der Ent- bremsung stellt sich der Zeiger durch die Faden- elastizität auf 0,3 ein
2 h 42'	— ¹⁾	0,3
entbremst		
2 h 42' 30"	—	1,0
2 h 43'	—	1,1
2 h 44'	—	1,15
2 h 45'	—	1,25
2 h 46'	—	1,25
2 h 47'	—	1,27
2 h 48'	—	1,3
2 h 49'	—	1,3
2 h 50'	—	1,3
2 h 51'	—	1,3
2 h 52'	—	1,3
2 h 53'	—	1,3
2 h 54'	—	1,3
2 h 57'	—	1,3
2 h 59'	—	1,3
3 h 2'	—	1,3
3 h 3'	—	1,28
3 h 6'	—	1,25
3 h 18'	—	1,2
3 h 26'	—	1,15
3 h 35'	—	1,1
3 h 58'	—	0,9
4 h 9'	—	0,8
4 h 23'	—	0,75
4 h 40'	—	0,65
4 h 45'	—	0,55

Maximum

1) Das Stück mit Nerv kommt nicht weiter in Betracht.

Zeit	Hautstreifen mit Nerv Zeigerstand	Hautstreifen ohne Nerv Zeigerstand
4 h 54'	—	0,4
5 h 15'	—	0,2
5 h 32'	—	0 ∞

Auf Wiedergabe analoger Protokolle, die ausnahmslos gleiches Resultat ergeben, verzichte ich. Doch scheint es mir angebracht, über eine Versuchsgattung hier in Form eines Beispiels zu berichten, die wieder als Kontrolle dienen kann. Wenn auch schwerlich jemand (nach allen unseren entsprechenden Erfahrungen an allen möglichen Muskelarten) wird behaupten wollen, daß sich der hypothetische Reiz der Nervenexstirpation noch nach etwa 4¹/₂ Stunden geltend machen könnte, so habe ich doch eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei denen, um die Exstirpation zu vermeiden, eine Radialbahn mit einer Interradialbahn verglichen wurde.

3. *Holothuria tubulosa*. Eine radiale und eine interrادية (daher nervenlose) Hautbahn werden zunächst um 10 h 3' mit 16 g belastet. Um 10 h 14' hat der Zeiger der radialen, um 10 h 16' der der interradiellen Bahn den Stand 0 erreicht. Nunmehr werden beide Zeiger durch die Winde wieder auf 13,2 eingestellt und im ganzen mit je 21 g belastet.

Zeit	Radialer Hautstreifen (mit Nerv)	Zeit	Interradialer Hautstreifen (ohne Nerv)
10 h 38'	0 ∞		2,25
	Gebremst und bis auf	10 h 43'	0 ∞
	3 g das Gewicht ent-	10 h 44'	Gebremst und bis auf
	fernt. Der Zeiger		3 g das Gewicht ent-
	stellt sich auf 0,1 ein		fernt. Der Zeiger
10 h 40'	0,1		stellt sich auf 0,25 ein
entbremst		10 h 45'	0,25
10 h 40' 30"	0,4	entbremst	
10 h 42' 30"	0,5 Max.	10 h 45' 30"	0,7
10 h 45' 30"	0,25	10 h 47'	0,75
10 h 47'	0,1	10 h 48'	0,75
10 h 48'	0,05	10 h 52'	0,75

Radialer		Interradialer	
Zeit	Hautstreifen (mit Nerv)	Zeit	Hautstreifen (ohne Nerv)
10 h 50'	0 ∞	10 h 53'	0,65
		10 h 59'	0,55
		11 h	0,5
		11 h 14'	0,0
		11 h 16'	0 ∞

Aus allen diesen Versuchen ergibt sich, daß ein seines Radialnerven beraubtes Hautstück sich nach Entlastung um eine größere Strecke zusammenzieht, das Maximum der Wiederverkürzung länger beibehält und im ganzen mehr Zeit braucht, um den Nullpunkt wieder zu erreichen, auf dem der Zeiger bei der Entlastung stand, als der Hautstreifen, der noch seinen Radialnerven besitzt. Nehmen wir als Beispiel die (allerdings etwas extreme) Kurve No. 2, so ergibt sich folgende Übersicht:

	Stücke mit Nerv	Stücke ohne Nerv
Maximum	1,1	1,3
Strecke, die der Zeiger von seiner Einstellung vor Entbremsung bis zum Maximum zurücklegt	0,7	1,0
Dauer der Beibehaltung des Maximums	5 Minuten	14 Minuten
Dauer der Gesamtreaktion bis zur Wiedererreichung von 0 ∞	31' 30"	2 Stunden 50'

Die Stücke boten beide von vornherein der Ausdehnung beträchtlichen Widerstand.

B. Übt der Schlundring einen Einfluß auf die Tonusfunktion der Haut aus?

Ich will sogleich bemerken, daß die fünf Versuche, angestellt, um die zur Überschrift dienende Frage zu beantworten, uns nicht in die Lage versetzen, sie mit ja zu beantworten. Die Unterschiede, die sich zwischen beiden Kurven ergeben, fallen innerhalb der Fehlergrenze, die ja bei solch künstlich zurechtgeschnittenen Präparaten nicht eben eng ist. Es werden ausschließlich die Dehnungskurven aufgenommen (Reaktion auf Belastung).

1. *Holothuria tubulosa*. Zwei Radialbahnen der Haut, beide mit Radialnerv, aber nur links außerdem mit Schlundring. Die Präparation ist um 6 h 45' beendet; jedes Präparat wird mit 16 g belastet.

Zeit	Hautstreifen mit Radialnerv und Schlundring	Hautstreifen mit Radialnerv aber ohne Schlundring
6 h 57'	13	13
6 h 57' 15"	10,5	10,4
6 h 59'	9,5	9,2
7 h 2'	8,15	7,9
7 h 5'	6,95	6,7
7 h 8'	6,0	5,55
7 h 15'	3,95	3,25
7 h 17'	2,85	2,2

2. *Holothuria tubulosa*, gleicher Versuch. 10 Min. nach der Präparation. Last 21 g.

3 h 50'	13,1	13,1
3 h 50' 15"	9	8,8
3 h 51'	7	6,7
3 h 52'	4,9	4,2
3 h 53'	3,2	2,5
3 h 55'	0,9	0
3 h 56'	0	

Die mitgeteilten Protokolle zeigen eine große Übereinstimmung je der beiden verglichenen Kurven unter sich. Das ist nicht immer in so schöner Weise der Fall, allein die etwas größeren Abweichungen, die sich gelegentlich ergeben, geben uns, wie angedeutet, kein Recht, auf einen Einfluß des Schlundringes zu schließen: das kleine tonische Übergewicht ist nicht stets auf einer Seite¹⁾; Entfernung des Schlundringes während der Aufnahme verursacht keine deutliche Veränderung des unterschiedlichen Verhaltens. Kurz, wenn auch die Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen ist, daß die „tonuslösende“ Wirkung des Radialnerven vom Schlundringe her etwas beeinträchtigt wird, so ist unsere Methode doch

1) Immerhin sei bemerkt, daß der schlundringlose Hautstreifen öfters der etwas schnellere bei der Dehnung ist.

nicht imstande dies zu erweisen. Der Schlundring übt auf die Tonusfunktion der Haut keinen nachweislichen Einfluß aus.

C. Zum Schlusse sei noch mitgeteilt, daß — wie nahezu selbstverständlich — die Vergleichung eines absolut nervenlosen Hautstreifens mit einem solchen, der noch Radialnerv und Schlundring besitzt, das nämliche Resultat ergibt wie Vergleichung zwischen zwei Hautstreifen mit und ohne Radialnerv.

Stichopus regalis. Zwei Radialbahnen, links mit Radialnerv und einem Stücke vom Schlundring, rechts ohne alle Nerven. Last 16 g, 6 Minuten nach der Präparation.

Zeit	Hautlängsstreifen mit Radialnerv und Stück Schlundring	Hautlängsstreifen ohne alle Nerven
6 h 6'	13,2	13,2
6 h 7'	10,8	11,9
6 h 8'	10,2	11,6
6 h 10'	9,25	11,05
6 h 16'	7,8	10,15
6 h 20'	6,75	9,5
6 h 27'	4,3	8,6
6 h 30'	1,4	8,2
6 h 31'	0 ∞	8,0
7 h —	—	0 ∞

V. Zusammenfassung und Besprechung unserer Resultate.

1. Die Holothurien beantworten schädigende Reize auf andere Weise, als andere „reflexarme“ Tiere dies zu tun pflegen. Bei den Schnecken z. B. herrscht das Vermögen vor, sich auf Grund bestimmter Erregungsgesetze von dem schädigenden Reize zurückzuziehen. Bei den Holothurien finden wir dieses Vermögen deutlich nur an den beiden Körperenden ausgebildet. An den übrigen Stellen des Körpers tritt der Erhärtingsreflex der Haut fast durchaus an die Stelle des Retraktionsreflexes.

2. Die Reizbarkeit der Muskeln zeigt manche Eigentümlichkeiten, auf die z. T. schon HENRI aufmerksam machte.

a) Hier sei zunächst die Tatsache erwähnt, daß die Erregung sich nur um ganz geringe Strecken über den Reizungs-ort hinaus ausbreitet. Hierbei ist es gleichgültig, ob man einen Längsmuskel mit oder einen solchen ohne Radialnerven zum Versuchsobjekte wählt.

b) Trotzdem wir dergestalt eine erregungsverteilende Wirkung des Radialnerven nicht haben zeigen können, scheint es, daß auch der künstliche Reiz leichter vom Radialnerven aus auf den Muskel übertragen wird als ohne Vermittelung dieses Nerven. In den beiden einzigen Versuchen, die zur Entscheidung dieser Frage angestellt wurden, ergab sich eine niedrigere Schwelle bei Reizung vom Radialnerven aus als bei direkter Reizung des Muskels (Stromdichte?).

c) Das Resultat unserer ersten Mitteilung, daß nämlich den echten Muskeln der Holothurie jede Tonusfunktion abgehe, wird durch den Nachweis bestätigt, daß die Erregbarkeit des gedehnten nicht größer ist als diejenige des ungedehnten Muskels.

3. Jeder der beiden Teile des Zentralnervensystems, Radialnerv und Schlundring, übt auf das ihm unterstellte System, soweit es sich um die echten Muskeln handelt, eine erregbarkeitsvermindernde Wirkung aus. Dieser Befund interessiert uns — von technischen Momenten abgesehen — durch die Analogie mit entsprechenden Befunden an anderen „Reflexarmen“. Eine prinzipielle Verschiedenheit der Leistung des Radialnerven und des Schlundringes konnten wir auf diesem Wege nicht nachweisen.

4.a) Die eigentümliche („tonische“) Dauerverkürzung der Längsmuskeln vermag als rein muskuläre Erscheinung aufzutreten. Der Einfluß, den der Radialnerv auf diesen Zustand ausübt, ist der, ihn zu steigern: d. h. mit Radialnerv leistet der Muskel der Ausdehnung durch Last größeren Widerstand als ohne diesen Nerven; nach der Dehnung von seiner Last befreit, verrät sich beim Muskel mit Radialnerv die durch die Dehnung verursachte größere Spannung durch ausgiebigere Wiederverkürzung. Wir schlossen aus diesen Erscheinungen, daß das Radialnervensystem dem Muskel dauernd Erregung zu übermitteln imstande ist, so daß das Mehr an Widerstand, welches der Muskel mit jenem Zentrum zu bieten vermag, als ein typischer „Zentraltonus“ aufzufassen ist.

b) Bestätigt wurde diese Auffassung durch den Befund, daß der in Frage stehende Widerstand durch den Schlundring vermindert wird. Nun wissen wir, daß der Schlundring die Reizschwelle steigert. Daher ist die Annahme berechtigt, daß der Schlundring lediglich dadurch auf den Längsmuskeltonus einwirkt, daß er die Aufnahmefähigkeit des Muskels für Reize, also auch für Dauerreize, vermindert.

5. In ganz anderer Weise beeinflußt das Radialnervensystem den Widerstand der Hautfasern gegen passive Dehnung. Von einem Zentraltonus ist hier in keinem Falle die Rede. Einmal lassen sich zentrale Erregungen, die eine Kontraktion der Hautfasern erzeugten, überhaupt nicht nachweisen. Des weiteren zeigt der Hautstreifen mit Nerv stets geringeren Widerstand gegen passive Dehnung als der nervenlose Hautstreifen, gleichgültig, ob wir mehr oder weniger ausgiebig zuvor gedehnt haben.¹⁾ In gleicher Weise entsteht durch passive Dehnung im Hautstreifen mit Nerv stets weniger Spannung als im nervenlosen Präparat, auch wird diese Spannung in jenem geringere Zeit beibehalten als in diesem (Entlastungsversuche).

6. Diskussion der die Tonusfrage betreffenden Resultate. Es ist hier wohl am Platz, auf das gegensätzliche Verhalten des Radialnerven den echten Muskeln und den muskelähnlichen Hautfasern der Haut gegenüber als auf unser wichtigstes Resultat einzugehen:

Nach allem, was wir hörten, ist der Tonus im echten Muskel der Holothurie nichts als ein dauernder Erregungszustand. Wenn wir den tonischen Muskel belasten und die Dehnungskurve aufnehmen, so gibt uns die Kurve gar nichts anderes als ein Maß für den Grad dieser Dauererregung. Bei gleicher Belastung ist die Kurve des stärker erregten Muskels weniger steil als diejenige des schwächer erregten.

Eine andersartige Reaktion des Muskels gegenüber der Last läßt sich nicht nachweisen. Der dauerverkürzte Muskel verhält sich bei Belastung wie ein beliebiger elastischer Körper mit „elastischer Nachwirkung“ (wobei die elastische Nachwirkung bei An-

1) Weder bei der Holothurie noch bei *Aplysia* gelang der Nachweis, daß nach vorabgehender stärkerer Dehnung das Tonuszentrum imstande ist, den Widerstand des Muskels (umgekehrt wie zu Beginn der Dehnung) zu steigern. Bei *Helix* und *Ciona intestinalis* ist dieses Verhalten dagegen leicht nachzuweisen.

wendung großer Lasten beträchtlich sein kann). Die Steilheit der Kurve aber, wie gesagt, und die Strecke, um welche ein bestimmtes Gewicht den Muskel zu dehnen vermag, bis durch die erzeugte Spannung das Gewicht getragen wird, sind im Gegensatz zum rein elastischen Körper abhängig von jenem Grade der Erregung!

Diese Dauererregung kann im Muskel selbst entstehen (wohl auf Grund permanenter peripherer Reize, vielleicht auch auf pathologischer Basis). Daneben vermittelt der Radialnerv dem Muskel noch weitere Dauererregung, weiteren Tonus¹⁾ (Zentraltonus).

Ganz anders wirkt der Radialnerv auf den Widerstand der muskelartigen Hautfasern gegen passive Dehnung. Diesen Hautfasern kann das genannte Zentrum überhaupt nicht nachweislich Erregung übermitteln. Welcher Erscheinung die Hautfasern die (sicherlich muskelartige) Eigenschaft verdanken, bei beliebigem Verkürzungsgrade einer Last Widerstand zu bieten, das wissen wir nicht, kennen auch nicht die Rolle des Nervennetzes hierbei. Sicherlich ist der Radialnerv (anders als gegenüber dem echten Muskel) diesen Widerstand weder zu erzeugen noch, wenn an sich vorhanden, zu vermehren imstande. Der Radialnerv vermindert den Widerstand der Hautfasern; er sorgt dafür, daß, wenn ein schnelles Nachgeben von den Hautfasern verlangt wird, dies nach Bedarf schnell geschieht: das ist z. B. dann notwendig, wenn eine Hautpartie in antagonistische Wechselwirkung tritt mit einer sich verkürzenden Muskelpartie.²⁾ Soweit die ökonomische („biologische“) Bedeutung des in Frage stehenden Kontrastes; und nun zur theoretischen Bedeutung:

Zunächst ergibt sich folgendes. Wenn, wie gesagt, die Dehnungskurve des tonischen (echten) Muskels nichts ist als ein Maß für seinen Zustand der Dauererregung, so trifft das für die Hautfasern keineswegs zu. In einer größeren Arbeit über das Nervensystem von *Aplysia*, die demnächst erscheinen wird, habe ich die Dehnungskurve von Muskeln mit Tonusfunktion einer Analyse unterworfen

1) Die Abgrenzung dieses „Tonus“ von Tetanus ist nicht unsere Aufgabe.

2) Ob die beiden hierbei wirksamen Zentren, nämlich das erregende Muskelzentrum und das widerstandlösende Hautfaserzentrum (beides Teile des gleichen oder verschiedener Radialnerven) aufeinander in zweckentsprechender Weise einwirken, das werden spätere Untersuchungen zu zeigen haben.

und bin zu folgendem Resultate gekommen. Die Kurve zeigt weitgehende Übereinstimmung mit der Dehnungskurve eines belasteten Gelatinegelstäbchens (ARISZ). Diese setzt sich aus zwei Erscheinungen zusammen. Auf Grund seiner Viskosität bietet das Stäbchen der Ausdehnung in jedem Zeitdifferential Widerstand. Wäre die Viskosität unendlich groß, so würde das Stäbchen der Ausdehnung gegenüber sich verhalten wie ein beliebiger elastischer Körper. Nun besitzt das Stäbchen jedoch — da die innere Reibung der Verschiebung der Teilchen aneinander vorbei keinen absoluten Widerstand entgegenzusetzen vermag — ein weiteres Vermögen, nämlich dem Zuge der Last nicht nur durch Elastizität, sondern auch durch jene Verschiebung, also durch „Fluidität“, nachzugeben. So kommt es denn, daß, wenn wir das Gelatinegelstäbchen entlasten, wir nur eine geringfügige Wiederverkürzung erhalten. War die Entlastung nur partiell, d. h. blieben am Stäbchen einige Gramm hängen, so folgt auf die Wiederverkürzung späterhin erneute Dehnung. Genau so verhält sich, wie wir hörten, der Muskel mit Tonusfunktion. Es handelt sich bei diesem allerdings nicht (ohne weiteres) um Viskosität und Fluidität, sondern wie sich zeigte um spezifisch muskuläre Kräfte. Allein diese Kräfte führen eben zu einem dem Gelatinestäbchen analogen Verhalten. Daher können wir von viskoidem Widerstand des Muskels, von fluiditätsartiger oder plastischer Dehnung (neben elastischer Dehnung) reden. Die Dehnungskurve des Tonusmuskels ist daher nicht ein Ausdruck für den Grad eines bestimmten vorliegenden Erregungszustandes, sondern für das recht komplizierte Zusammenwirken elastischer und plastischer Dehnung.¹⁾ Nun interessiert uns in diesem Zusammenhange die Kurve nur mit Bezug auf den Einfluß, den das Zentralnervensystem (hier also der Radialnerv) auf sie auszuüben vermag. Ich muß daher für eine weitergehende Analyse dieses Geschehens auf meine umfassende Arbeit über *Aplysia* verweisen. (Sie erscheint demnächst in: *Ergebn. Physiol.*). Der Radialnerv der Holothurie aber beeinflusst, in seiner Eigenschaft als Zentrum für die Hautfasern, den für diese Elemente eigenartigen, an Viskosität erinnernden Zustand dauernd derartig, daß der viskoide Widerstand vermindert wird. Die Langsamkeit der Dehnung

1) In meiner Arbeit über *Aplysia* liefere ich den Beweis, daß Dehnungskurve und absteigender Ast der Erregungskurve auch nichts miteinander zu tun haben.

(die unter ständigem Widerstande vor sich geht) sowie die hierbei auftretende geringfügige (elastische) Spannungszunahme, die bei Entlastung stets festzustellen ist, beweisen, daß es sich bei alledem in der Tat nicht um die Beseitigung eines Erregungszustandes¹⁾ handeln kann, sondern nur um die Beschleunigung des fluiditätsartigen (plastischen) Nachgebens in den muskelähnlichen Hautfasern. Das nämliche Zentralorgan, also welches im echten Muskel Erregungszustand erzeugt oder erhöht, wirkt auf die Hautfasern in dargetaner Weise widerstandslösend. Dies ist einer der besten Beweise dafür, daß der „Tonus“ in reinen Bewegungsmuskeln und in Muskeln mit Tonusfunktion Erscheinungen sind, die nichts miteinander zu tun haben.

7. Der Schlundring übt auf die Tonusfunktion der Hautfasern keinerlei Einfluß aus. Ob er die Bewegungen der Holothurie in der Art wie das Cerebralganglion der Schnecken zu beherrschen vermag und ob er hierbei in einen gewissen Gegensatz zum Radialnerven steht, ist eine Frage, die durch weitere Untersuchungen beantwortet werden muß.

1) Beim Skelettmuskel des Säugetieres (also einem Muskel ohne Tonusfunktion) ist das anders: im tonischen Strecker wird nach SHERRINGTON infolge des „proprioceptiven Reflexes“ durch Zug der Widerstand unmittelbar aufgehoben.

Neuerscheinungen.

Die Asseln oder Isopoden Deutschlands.

Von

Prof. Dr. Friedr. Dahl.

(VI, 90 S. gr. 8^o) Mit 107 Abbildungen im Text.

Preis: 2 Mark 80 Pf.

Inhaltsübersicht: Einleitung. — Uebersicht der Gattungen. — Die in Deutschland und in den deutschen Meeresteilen gefundenen Arten. — Ueber die geographische Verbreitung der Asseln in Deutschland und die Art ihres Vorkommens. Uebersicht der deutschen Asseln nach der Art ihres Vorkommens. — Die wichtigste Literatur über die Asseln Deutschlands. — Namenregister.

Lehrbuch der Zoologie.

Von

Dr. Richard Hertwig,

o. ö. Prof. der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität München.

Elfte vermehrte und verbesserte Auflage.

(XIV, 678 S. gr. 8^o) Mit 588 Abbildungen im Text.

Preis: 13 Mark 50 Pf., geb. 15 Mark.

Die neue Auflage des bekannten und von den Studierenden sowohl, wie in den Kreisen der Lehrerschaft geschätzten Lehrbuchs ist abermals durch zahlreiche neue Abbildungen vermehrt und durch Ersatz einer Reihe älterer Figuren verbessert worden. Der Verfasser hat den Text wiederum einer durchgehenden, gründlichen Revision unterzogen und auf den neuesten Stand der Wissenschaft gebracht, so daß das Buch, welches die Berechtigung seines Bestehens durch seine bisherige weite Verbreitung längst erwiesen hat, mit seinem reichen Bilderschmuck und umfassenden Sach- und Literaturregister sich auch in der neuen Auflage weiterhin als vortrefflicher Führer bei ernsthaftem wissenschaftlichem Studium der Zoologie bewähren wird.

Das Werden der Organismen.

Eine Widerlegung von Darwin's Zufallstheorie.

Von

Oscar Hertwig,

Direktor des anatomisch-biologischen Instituts der Universität Berlin.

Mit 115 Abbildungen im Text.

Preis: 18 Mark 50 Pf., geb. 20 Mark.

Inhalt: 1. Kap. Die älteren Zeugungstheorien. — 2. Kap. Die Stellung der Biologie zur vitalistischen und mechanistischen Lehre vom Leben. — 3. Kap. Die Lehre von der Artzelle als Grundlage für das Werden der Organismen. — 4. Kap. Die allgemeinen Prinzipien, nach denen aus den Artzellen die vielzelligen Organismen entstehen. — 5. Kap. Die Umwertung des biogenetischen Grundgesetzes. — 6. Kap. Die Erhaltung des Lebensprozesses durch die Generationsfolge. — 7. Kap. Das System der Organismen. — 8. u. 9. Kap. Die Frage nach der Konstanz der Arten. — 10. u. 11. Kap. Die Stellung der Organismen im Mechanismus der Natur. — 12. Kap. Das Problem der Vererbung. — 13. Kap. Der gegenwärtige Stand des Vererbungsproblems. — 14. Kap. Lamarckismus und Darwinismus. — 15. Kap. Kritik der Selektions- und Zufallstheorie. — 16. Kap. Zusammenfassung und Nachwort. — Sachregister.

Verhandlungen der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern.

Band XII, Heft 4.

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

C. E. Hellmayr,

Kustos der Ornithologischen Abteilung der Zoologischen Staatssammlung,
Generalsekretär der Gesellschaft.

Preis: 5 Mark 50 Pf.

Inhalt: J. Gengler, Ornithologische Beobachtungen aus Oesterreichisch-Schlesien, Ungarn und Galizien. — A. Laubmann, Zur Nomenklatur unseres Eisvogels. — A. Laubmann, Ornithologische Beobachtungen aus dem Gebiet des Maisinger Sees. — C. Schmitt, Waldkauz-Duett. — H. Stadler, Die Vogelwelt Unterfrankens: I. Der Zippammer Brutvogel bei Lohr. II. Die Vögel des Maintales bei Lohr und der Nachbargebiete. — E. Stresemann, Ueber die Formen der Gruppe *Corvus coronoides* Vig. u. Horsf. — Sitzungsberichte (Januar—Juni 1915).

Die Raumorientierung der Ameisen und das Orientierungsproblem im allgemeinen.

Eine kritisch-experimentelle Studie;
zugleich ein Beitrag zur Theorie der Mneme.

Von

Dr. med. Rudolf Brun.

Mit 51 Abbildungen im Text. 1914. (VIII, 234 S. gr. 8^o)

Preis: 6 Mark.

Inhalt: **Einleitung:** Kurze Übersicht über die Literatur und die verschiedenen Theorien der Raumorientierung bei den Ameisen. Über Raumorientierung bei anderen Tieren (Insekten, Vögel, Säuger, Mensch).

I. Allgemeiner Teil: Die psychophysiologischen Grundlagen der Orientierung im Raume. 1. Vorbemerkungen zur Terminologie. — 2. Über Raumorientierung im allgemeinen. — 3. Die psychophysiologischen Grundlagen der Raumorientierung bei den Ameisen.

II. Spezieller Teil: Beobachtungen u. Experimente. A. Die Orientierung auf Geruchsfährten. — B. Die Orientierung auf Ameisenstraßen. — C. Die Orientierung auf Durchgangsstrecken. — D. Die Orientierung auf Einzelwanderung. — E. Zusammenfassung sämtlicher Ergebnisse. — Sachregister.

In der vorliegenden Monographie ist der Versuch gemacht, das verwickelte Problem der Raumorientierung bei den Ameisen auf eine festere theoretische Basis zu stellen und auf Grund einer großen Zahl eigener Beobachtungen und unter kritischer Sichtung der umfangreichen Literatur zusammenhängend darzustellen. Wenn somit die sorgfältige Bearbeitung eines Tatsachenmaterials von 150 Einzelversuchen nach teilweise ganz neuen physiologischen Methoden im speziellen Teile des Werkes hauptsächlich den Physiologen angeht, so ist die allgemeine Erörterung der menschlichen Grundlagen der Orientierung im Raum in gleicher Weise auch für den Biologen und Zoologen bestimmt.

ZOOLOGISCHE JAHRBÜCHER

ABTEILUNG

FÜR

ALLGEMEINE ZOOLOGIE UND PHYSIOLOGIE
DER TIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. J. W. SPENGLER
IN GIESSEN

BAND 36. HEFT 2

MIT 4 TAFELN UND 15 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1917

Die „Zoologischen Jahrbücher“ (Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere) erscheinen in zwangloser Folge. Je vier Hefte bilden einen Band. Der Preis wird für jedes Heft einzeln bestimmt.

Inhalt.

(Abt. f. Phys., Bd. 36, 2)

	Seite
GERICKE, H., Atmung der Libellenlarven mit besonderer Berücksichtigung der Zygopteren. Mit Tafel 3—4 und 1 Abbildung im Text	157
HIRSCH, GOTTWALT CHRISTIAN, Die Ernährungsbiologie fleischfressender Gastropoden. 2. Teil. Mit 12 Abbildungen im Text.	199
DEWITZ, J., Über die Entstehung rudimentärer Organe bei den Tieren	231
TOLDT jun., K., Geweihstudien auf Grund einer eigenartigen Hirschstangen-Abnormität. Mit Tafel 5—6 und 2 Abbildungen im Text.	245

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Soeben beginnt zu erscheinen:

Biologische Grenz- und Tagesfragen **Heft 1.**

Die Erbllichkeit im Mannesstamm und der vaterrechtliche Familienbegriff.

Von

Dr. V. Haecker,

ord. Professor der Zoologie in Halle (Saale).

Preis: 1 Mark.

Das Verwandtschaftsverhältnis zwischen Vater und Sohn und besonders zwischen Vater und erstgeborenem Sohn gilt seit alten Zeiten als die engste, bedeutungsvollste und ehrwürdigste unter allen menschlichen Beziehungen. In dieses Verhältnis hat der Weltkrieg besonders tief eingegriffen, nicht bloß deshalb, weil fast jede Familie mit ihrem Blute beteiligt ist, sondern auch, weil bei dem geringen Kinderreichtum der heutigen Familien der Verlust des ältesten oder einzigen Sohnes viel häufiger als früher eingetreten ist. Auch auf einem anderen sozialen Gebiet, bei der Anerkennung der Unehelichen, kann die Frage vielfach in Betracht kommen, ob wirklich jenes Verwandtschaftsverhältnis ein besonders enges ist und ob wirklich im direkten Mannesstamm die körperlichen und geistigen Eigenschaften häufiger und sicherer erblich übertragen werden, als in den von Töchtern stammenden Zweiglinien. Die vorliegende Schrift bespricht dieses in den meisten Vererbungswerken stiefmütterlich behandelte und kaum berührte Problem vom Standpunkte des Biologen aus und es mag mancher Familie mit alten Traditionen, deren letzter Träger im Weltkriege dahingegangen ist, und manchem Vater, dem ein Sohn nach dem andern entrissen wurde, als ein kleiner Trost erscheinen, daß die Biologie die Gleichwertigkeit beider Geschlechter hinsichtlich der Uebertragung und Verteilung (wenn auch allerdings nicht hinsichtlich der Enthaltung) der Anlagen lehrt. Die Begründung dieser Auffassung dürfte auch den Mediziner, Juristen und Historiker interessieren.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

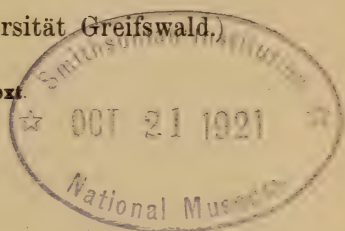
Atmung der Libellenlarven mit besonderer Berücksichtigung der Zygopteren.

Von

H. Gericke.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Greifswald.)

Mit Tafel 3—4 und 1 Abbildung im Text.



Inhalt.

- Einleitung.
- Historische Übersicht.
- Fang, Technik.
- Spezieller Teil.
 - I. Schwanzblätter.
 - 1. Anatomie.
 - 2. Physiologie.
 - II. Stigma.
 - III. Enddarm.
 - 1. Anatomie.
 - 2. Physiologie.
- Vergleich.
- Zusammenfassung.

Einleitung.

Obleich die Odonaten wegen ihrer amphibiotischen Lebensweise seit langem die Aufmerksamkeit der Zoologen auf sich gelenkt haben,

so sind doch in unserer Kenntnis über sie noch recht beträchtliche Lücken vorhanden.

Begreiflicherweise hat die Darmatmung der Anisopteren am meisten zur Forschung gereizt. Sie ist Gegenstand vieler Untersuchungen und scheint besonders durch eine neuere französische Arbeit vollkommen geklärt. Dagegen ist die Biologie der Zygopteren (umfassend die Gattungen *Agrion*, *Lestes* und *Calopteryx*) und besonders ihre Atmung bisher noch recht wenig erforscht. Bei ihnen tappt man größtenteils noch im Dunkeln oder hat von ihrer Atmung teilweise eine ganz andere Vorstellung.

Diese Lücke ausfüllen zu helfen und besonders mit der Atmung der Zygopteren näher vertraut zu machen, ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Historische Übersicht.

SWAMMERDAM gibt zuerst in seiner *Biblia naturae* eine vollständige Entwicklungsgeschichte einiger Odonaten; er hat die Hauptformen schon richtig unterschieden, seine anatomischen Untersuchungen sind sehr oberflächlich.

Der Erste, der sich eingehender mit der Anatomie und Physiologie der Odonaten befaßt hat, ist RÉAUMUR 1742. Er hat schon Beobachtungen über die Darmatmung der Anisopteren gemacht und den Respirationsprozeß dieser Larven genauer untersucht. Die Zygopteren, deren 2 Haupttypen er schon erkannt hat, atmen nach ihm durch 3 Schwanzblätter. RÉAUMUR untersucht auch als Erster eingehend die Stigmen der Larve und stellt 2 Paar thoracale und 8 Paar abdominale Stigmen fest, von denen die abdominalen und das letzte thoracale Stigmenpaar zweifellos geschlossen sind. Durch Bestreichen der Stigmen mit Öl glaubte er festgestellt zu haben, daß auch das prothoracale Stigmenpaar geschlossen ist. Mit dieser Behauptung schnitt er eine Frage an, über die in der Literatur sehr viel gestritten wurde und auf die ich später noch zurückkomme.

In ROESEL's Insektenbelustigung, die 1744 kurze Zeit darauf erschien, finden wir die Beobachtung erwähnt, daß auch *Calopteryx* genau wie die Anisopteren zur Atmung Wasser in den Darm aufnehmen. Interessant ist auch ROESEL's Angabe über die Regeneration der Schwanzkiemen bei *Agrion*-Larven. Er schreibt p. 51: „Diese Ruderkiemen lassen sie öfter fallen, wie man denn an denselbigen zuweilen gar keine, zuweilen nur eine oder zwei wahrnimmt; ihr Verlust wird aber bald durch andere ersetzt, und da die neugewachsenen allzeit größer ausfallen, so ist daraus zu schließen, daß wie die Würmer bei jeder Häutung größer werden, so auch ihre Ruderfedern größer sein müssen.“

DE GEER fand 1771 ebenfalls *Agrion*-Larven teilweise ohne Kiemen; er vermutet aber nur eine zufällige Verstümmelung, bei der diese Gebilde bei der Häutung wiederersetzt werden. DUFOUR stellte in seinen *Etudes*

anatomiques et physiologiques et observations sur les larves des Libellules 1852 zuerst die Gattungscharaktere der Odonaten fest. Bei den Zygopteren unterscheidet er die Calopterygiden mit Darm- und Schwanzkiemen und die Agrioniden (*Lestes* und *Agrion*) nur mit Schwanzkiemen, eine Unterscheidung, die bis heute noch in der Form üblich ist. Er geht dann auf den inneren Bau der Libellenlarven ein und unterwirft besonders den Darm der Anisopteren einer genaueren Untersuchung. Seitdem ist das Rectum der Anisopteren vielfach Gegenstand der Forschung gewesen; OUSTALET, CHUN, POLETAJEV, ROSTER, FAUSSECK, MARTIN und DEWITZ haben in anatomischer, histologischer und physiologischer Beziehung DUFOUR's Darstellung verbessert und ergänzt. Besonders ausführlich und eingehend hat uns als Letzter SADONES mit der Darmatmung der Anisopteren vertraut gemacht.

Bei den Zygopteren fehlen genaue Untersuchungen über die Atmung noch ganz. DUFOUR hat das Rectum von *Calopteryx* nur sehr oberflächlich behandelt, auf die nähere Untersuchung der Schwanzblätter ging er überhaupt nicht ein. Auch sonst finden wir in der Literatur die Cerci der Zygopteren wenig eingehend beschrieben.

Obgleich nun in der älteren Literatur öfter erwähnt wird, daß die Schwanzblätter ganz oder teilweise fehlen, so muß es eigentlich wundernehmen, daß bisher niemand näher untersucht hat, inwieweit dies zutrifft und wie dann die Atmung geschieht.

Wir legen unseren Untersuchungen folgende Einteilung zugrunde:

Odonata.

I. Anisoptera

1. *Gomphus*
2. *Aeschna*
3. *Cordulegaster*
4. *Cordulia*
5. *Libellula*

II. Zygoptera (Isoptera oder Agrionida)

1. *Calopteryx*
2. *Lestes*
3. *Agrion*.

Fang, Zucht.

Die untersuchten Zygopterenlarven stammen fast durchweg aus der Umgebung Greifswalds.

Agrion-Material ließ sich am leichtesten beschaffen, da die Tiere in den kleinen runden Tümpeln, die für die Umgegend Greifswalds typisch sind, in zahlreicher Menge an Elodea und anderen Wasserpflanzen sitzend vorkommen und durch langsames Abstreifen des Netzes leicht zu fangen waren.

Die Larven von *Lestes* habe ich in Greifswald nur an einer einzigen Stelle im Kieshofer Moor entdecken können, wo sie in flachen, schattigen Wasserlöchern mit moorigem Untergrund, der nicht mit Wasserpflanzen bestanden ist, an abgefallenen Blättern und Zweigen sitzen. Der Fangplatz war nicht sehr ergiebig.

Kommen diese beiden Gattungen in stehenden Gewässern vor, so fand ich die *Calopteryx*-Larven nur in fließenden Gewässern, in kleinen Bächen, besonders an Stellen, die stark mit Wasserpflanzen bestanden waren. Hier mußte man ziemlich heftig mit dem Netz hin und herfahren, um diese phlegmatischen Tiere, die selten zum Schwimmen zu bewegen sind, zu veranlassen, ihren Stützpunkt loszulassen, um sie dann im Netz zu fangen; oder man mußte die Wasserpflanzen mit abreißen, um sie dann abzusuchen.

Die Larven hielt ich im Zoologischen Institut in Aquarien und flachen Schalen, in denen Elodea schwamm. Gab man ihnen reichlich Nahrung, wie kleine Krebse und Mückenlarven, so konnte man sie sehr lange halten. Nur mußte man sich vorsehen, ältere und junge Stadien zusammenzubringen, da die jüngeren Larven sehr häufig von den alten angebissen und angefressen wurden.

Technik.

Meine Untersuchungen mußten sehr viel am lebenden Material ausgeführt werden. Um die Darm- und Herztätigkeit beobachten zu können, wurden frisch gehäutete Tiere im Hohlschliff unter das Mikroskop gelegt, nachdem ihnen vorher am besten die Beine dicht am Körper amputiert waren, damit sie ihre Lage nicht verändern konnten. Bei frisch gehäuteten Larven ist das Chitin noch ganz durchsichtig, und man kann gut den Blutstrom, die Tätigkeit des Herzens und des Darmes beobachten. Die Schwanzblätter beobachtet man am lebenden Tier am besten, wenn man es auf einem Objektträger auf die Seite legt und vermittels eines Gummis in dieser Lage festhält. Breitet man die Schwanzblätter aus und bedeckt sie mit einem Deckglas, so kann man sie mit starker Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachten.

Um über den anatomischen Bau des Darmes klar zu werden, wurde er am lebenden Tier herauspräpariert, eventuell mit 94% Alkohol fixiert und mit Boraxkarmin gefärbt.

Die Tracheenverzweigungen und besonders die feinen Tracheencapillaren lassen sich nur an ganz frisch präpariertem Material

untersuchen, so lange sie noch mit Luft gefüllt sind. Die Luft tritt sehr bald aus ihnen aus, und dann unterscheiden sie sich nur noch sehr wenig von ihrer Umgebung. Dauerpräparate mit Osmiumsäure behandelt, in Ammon-Molubdad fixiert und in Glycerin eingebettet, hielten sich nicht. Die photographischen Bilder sind auch an ganz frisch präpariertem Material hergestellt.

Das Material zu Schnitten wurde meist in Formol-Chromessigsäure fixiert, da das die Formen am natürlichsten bewahrte. Gefärbt wurden die Schnitte mit HEIDENHAIN'schem Hämatoxylin, was sehr gute, klare Bilder ergab; auch Boraxkarmin wurde mit Erfolg zum Vergleich angewandt. Um bei der Hämatoxylinfärbung das Loslösen einzelner Teile oder ganzer Schnitte zu vermeiden, wurden die Serien vor dem Einführen in Xylol mit Photoxylin überzogen.

I. Schwanzblätter.

1. Anatomie.

Gerade wie die ihnen verwandtschaftlich sehr nahestehenden Ephemeridenlarven haben auch die Larven der Zygopteren an ihrem Abdomen 3 Cerci oder Appendices, die gewöhnlich wegen ihrer blattartigen Verbreiterung und ihrer oft reichen Tracheenverzweigung als Schwanzkiemen bezeichnet werden. Wie wir sehen werden, ist ihre Bedeutung als Kiemen sehr zweifelhaft; ich werde mich deshalb des Ausdrucks Schwanzblätter bedienen.

Die Literatur hat sich niemals genauer mit diesen Gebilden beschäftigt, meist lediglich in Bestimmungstabellen ihr Vorhandensein konstatiert und aus ihrer äußeren Gestalt auf ihre physiologische Bedeutung geschlossen, ohne aber näher darauf einzugehen. DUFOUR gibt in der allgemeinen Charakteristik der *Agrion*-Larven folgende kurze Beschreibung von ihnen: Branchies extérieures ou caudales sous la forme de trois lames membraneuses parcourues par une prodigieuse quantité de trachées et servant aussi de nageoires.

Ähnlich kurz ist die Darstellung, die ROUSSEAU in seiner Monographie der Odonatenlarven Europas gibt. Er schreibt:

„La pyramide anale des Anisoptera est remplacée chez les Zygoptera par trois lamelles branchiales (lamelles caudo-branchiales), de forme variable, parcourues en leur centre par un gros tronc trachéal, émettant de nombreuses ramifications. Les caractères que

présentent ces lamelles sont très utiles pour la détermination des espèces.“

Auch HEYMONS geht in seiner Arbeit über die Hinterleibsanhänge der Libellen und ihrer Larven nicht auf ihren inneren Bau ein, er betrachtet sie nur vom morphologischen Standpunkt aus. Nach HEYMONS finden wir am Ende des letzten, 10. Abdominalsegments bei den Zygopteren 3 Cerci, die zweifellos morphologisch Bestandteile des 11. Segments sind, und zwar entsprechen die Appendices laterales den seitlichen Hälften des 11. Sternits, der Appendix dorsalis dem 11. Tergit.

Die folgenden Untersuchungen habe ich an *Agrion*-Larven durchgeführt. Auf Unterschiede mit *Lestes* und *Calopteryx* wird besonders eingegangen.

Agrion (verschiedene Arten). Die ganz jungen *Agrion*-Larven haben 3 lange, fadenförmige Cerci von ganz ähnlicher Gestalt wie die 3 Schwanzfäden der Ephemeriden, nur daß sie bei den letzteren gegliedert sind. Bei der weiteren Entwicklung der Larven wachsen diese Appendices in dorsoventraler Richtung flächenartig aus und nehmen eine lanzettliche, blattförmige Gestalt an, wie wir sie bei mittleren und älteren Larvenstadien finden, eine Gestalt, die sie für den Gasaustausch bedeutend geeigneter erscheinen ließe. Der mittlere der 3 Cerci ist gewöhnlich von den beiden anderen mehr oder weniger verschieden. Äußerlich lassen sich an ihnen deutlich 2 Teile unterscheiden, ein sehr kurzes Basalstück und das eigentliche Schwanzblatt, die beide durch eine dunkle Chitinnahat voneinander getrennt sind (Fig. 1).

Das Basalstück der lateralen Appendices ist ein Dreieck mit abgerundeten Ecken. Der ventrale Rand dieses Dreiecks ist höher als die beiden anderen Seiten und an der inneren unteren Ecke in einen Chitinhöcker ausgezogen, von ähnlicher Gestalt, wie der Verschlusßkegel eines Stigmas (Fig. 2). Der Basalteil des Appendix dorsalis ist ein Chitinring, der an der ventralen Seite 2 laterale Höcker trägt. Alle 3 Basalstücke sitzen in der weichen, beweglichen Chitinhaut, die hinten das 10. Abdominalsegment verschließt.

An den Chitinhöckern inserieren Muskeln, die zur Bewegung der Cerci dienen. In die Basalteile gehen große Tracheenstämme, die sich in die Schwanzblätter hinein fortsetzen.

Die Trennungslinie zwischen kurzem Basalteil und distalem Teil oder dem eigentlichen Schwanzblatt bildet äußerlich eine dunkle Chitinleiste. An dieser Stelle löst sich das Schwanzblatt von

seinem Basalteil los, wenn das Tier von einem Feind gewaltsam an ihm erfaßt wird. Man kann diesen Vorgang leicht nachprüfen: beunruhigt man eine *Agrion*-Larve erst und ergreift dann einen ihrer Cerci mit der Pinzette, so kann man sehen, wie sie sich in kurzer Zeit unter Preisgabe dieses Schwanzblattes losreißt. Beschädigte Schwanzblätter werden durch Autotomie vom Basalteil losgelöst; es existiert also an der Grenze des Basalteiles schon eine vorgebildete Trennungsstelle, auf deren Anatomie ich kurz eingehe.

Das äußere Ende des Basalteiles ist mit einer dünnen, durchsichtigen, bindegewebigen Haut überzogen, die man schon am Totalpräparat bei scharfer Einstellung im Mikroskop sehen kann. Diese feine Haut weist eine fibrilläre Struktur auf (Fig. 3); sie ist nur von den Tracheen und 2 Löchern für den Durchtritt des Blutes unterbrochen. Auf Schnitten finden wir in den Basalteilen eine Anhäufung langer, spindelförmiger, stark färbbarer Hypodermiszellen, die jedenfalls nach Verlust der Schwanzblätter diese hier regenerieren. Häufig zeigte sich auf Schnitten im Basalteil eine Menge Blutgerinnsel, das durch die vorhin erwähnten beiden Löcher in das eigentliche Schwanzblatt eintritt; das Tracheenlumen ist an dieser Trennungsstelle etwas verengt.

Längsschnitte lassen an dieser Übergangsstelle deutlich 2 Membranen erkennen, eine stärkere am Ende des Basalteiles, die schon erwähnt wurde, und eine dünnere am Anfang des Schwanzblattes ganz an der Basis des Stieles (Fig. 4). Die erste hat offenbar den Zweck, bei Verlust eines Schwanzblattes das 10. Abdominalsegment nach außen abzuschließen. Ist das Blatt vom Basalteil abgerissen, so werden die Löcher bei der lebenden Larve sofort geschlossen, so daß nur ein ganz geringer Blutverlust eintritt. Der Verschluß geschieht derart, daß die Membran an den Löchern für den Durchtritt des Blutes und der Tracheen Falten bildet, die sich über diese Stellen legen und sie fest verschließen. Diese Falten kann man sowohl auf dem Totalpräparat (Fig. 3) wie auf Längsschnitten konstatieren. Allmählich wird diese Abrißstelle von dickem, undurchsichtigem Chitin überzogen, das jedenfalls von Hypodermiszellen, die vom Rande her überwandern, abgesondert wird. Als diese Hypodermiszellen spreche ich ovale Zellen an, die sich in größerer Zahl an der Peripherie der Trennungshaut finden. Es bleiben dann bloß noch die Narben der Tracheen- und Blutlöcher zurück. Man kann sich vielleicht vorstellen, daß nach Loslösung der Schwanzblätter der Basalteil vermöge seiner Elastizität sich sofort verengt und

infolgedessen diese Falten entstehen, vielleicht wirkt aber dabei auch der Höcker mit dem Muskelansatz.

Auf den Zweck der zweiten schwächeren Membran an der Basis der eigentlichen Schwanzblätter komme ich später noch zu sprechen.

Die eigentlichen Schwanzblätter, die mit einem kurzen Stiel dem Basalteil aufsitzen, sind 2—3mal so lang wie breit und haben in ausgebildetem Zustand eine lanzettliche, blattförmige Gestalt. Die Form der 3 Schwanzblätter an einer Larve ist mehr oder weniger verschieden — auf die Unterschiede der einzelnen Gattungen gehe ich nicht ein (vgl. ROUSSEAU) —; die mittlere hat wohl immer eine etwas andere Form als die beiden lateralen, gewöhnlich ist sie etwas größer und breiter. Die größte Breite haben die Schwanzblätter ungefähr auf $\frac{2}{3}$ ihrer Länge, nach hinten zu laufen sie in eine feine Spitze aus.

Diese Schwanzblätter lassen deutlich 2 Teile erkennen. Das vordere Drittel, der proximale Teil, ist stärker chitinisiert und daher starrer und unbeweglicher; er wird noch versteift durch eine Chitinverdickung an den Rändern, die an der peripheren Seite der Blätter stärker ist als an der zentralen. Der Rand ist stets laubblattartig gezackt, am Grunde der Zacken stehen kurze, starke, dornenartige Borsten. Auch hier wieder ist die Außenseite stärker als die Innenseite mit Borsten bewehrt; sie werden nach dem distalen Teil zu größer. Bei den lateralen Blättern, die an ihrem proximalen Teil eine schwach dachförmige Gestalt haben, findet sich in der Mitte der Außenseite ebenfalls eine Reihe Borsten, während sich auf dem dorsalen Blatt in der Mitte der beiden Seitenflächen eine Reihe Borsten hinzieht.

Der 2. Teil, scharf vom ersten abgesetzt, ist erheblich dünner und beweglicher, ohne Chitinleiste an den Seiten. Die Zackung am Rand ist nur ganz schwach, in den Winkeln der Zacken stehen lange, dünne, haarartige Borsten. Quer über das ganze Blatt laufen gewöhnlich 2 oder 3 dunklere Pigmentbänder.

Betrachtet man die Schwanzblätter unter dem Mikroskop, so fallen einem regelmäßig angeordnete, helle, ovale Flecken im Chitin auf. Durch Auf- und Abstellen findet man, daß sie quer durch das ganze Blatt gehen, also eine Art Pfeiler sind, die sich von einer Fläche zur anderen ziehen. Bei hoher Einstellung kann man bei genauerem Zusehen auch die Hypodermiskerne erkennen, die kleiner sind und näher zusammenliegen.

In das mittlere Schwanzblatt treten 2 Tracheenstämme, in die lateralen Blätter nur je einer, der sich aber gleich nach dem Eintritt in 2 teilt. Diese Hauptstämme laufen fast durch das ganze Blatt und geben beiderseits spitzwinklig Äste ab, die sich unter der Hypodermis weiter verzweigen (Fig. 5). Bei dieser Tracheenverzweigung fällt sofort die geringe capillare Auflösung der Tracheen auf. Die äußersten Tracheenäste, die immer noch von beträchtlicher Stärke sind, weisen an ihren Enden wenige, kurze, büschelförmig auseinandergehende Capillaren auf. Am besten läßt sich die Tracheenverzweigung an frisch abgerissenen Schwanzkiemen beobachten, wo die Tracheen noch mit Luft gefüllt, von einer grobkernigen, pigmentreichen Matrix umgeben sind, die sie oft ganz schwarz erscheinen läßt. Diese Matrix geht nicht bis ans Ende der Capillaren, sondern hört auf, wo diese büschelförmig auseinandergehen.

In jedem Schwanzblatt sieht man 2 große Gefäße, in denen Blutflüssigkeit pulsiert. Diese Gefäße beginnen erst an der Basis der eigentlichen Schwanzblätter; im Basalteil sind sie noch nicht vorhanden. Auf dem Totalpräparat heben sie sich als hellere Streifen von ihrer etwas dunkleren Umgebung ab. Die beiden Gefäße verlaufen parallel zu beiden Seiten der Längstracheenstämme beinahe durch das ganze Blatt; sie anastomosieren in deren distalem Viertel und lassen sich noch nach ihrer Vereinigung bis ziemlich zur Spitze verfolgen. Beim lebenden Tier kann man unter dem Mikroskop den Umlauf der Blutflüssigkeit beobachten, die gewöhnlich im dorsalen Gefäß in das Schwanzblatt eintritt und im ventralen Gefäß wieder zurückfließt. Unter dem Deckglas ist das Pulsieren des Blutes gewöhnlich nicht sehr schnell, denn die einzelnen größeren Blutkörperchen sieht man ziemlich träge durch die Gefäße wandern.

Ein Eintreten des Blutes in das Lacunenstystem, das durch die Pfeiler in dem Schwanzblatt gebildet wird, habe ich niemals beobachten können, obwohl ich speziell meine Aufmerksamkeit darauf richtete.

In den hellen Streifen des Gefäßes sieht man eine hellere deutlich abgehobene feine Linie, die Nerven, die durch dieselbe Öffnung wie das Blut durch die Abrißstelle hindurchtreten und durch das ganze Blatt dem Verlauf der Gefäße folgen. Auf besonders durchsichtigen Blättern sieht man zuweilen, wie sich die Längsnerven über die Fläche des Blattes verästeln.

Auf Querschnitten haben die lateralen Blätter ganz flach drei-

eckige Gestalt; das dorsale Blatt hat die Form eines auf der Spitze stehenden Rhombus (Fig. 6). An den Ecken ist das Chitin besonders im proximalen Teil der Blätter etwas verdickt. Das ziemlich dicke Chitin ist mit einer Schicht Hypodermiszellen bedeckt. Neben den beiden großen Tracheenstämmen, ebenfalls ziemlich zentral gelegen, finden sich die beiden großen Blutgefäße von oft rundlicher, oft aber auch ganz unbestimmter Gestalt. Ihre Wandung hebt sich von dem Gewebe der Umgebung deutlich ab, so daß man von einer eigenen Wandung sprechen könnte. Häufig läßt sich in den Gefäßen Blutgerinnsel feststellen.

Der Raum zwischen Hypodermis und Gefäßen und Tracheenstämmen ist von einem weitmaschigen alveolären Gewebe erfüllt. In den Wänden der Alveolen findet man häufig Kerne. Zuweilen sieht man auch Blutflüssigkeit in diesen Alveolen, besonders bei Tieren, die kurz vor der Häutung waren. Doch scheint im allgemeinen, wie oben erwähnt, dort kein Blut vorhanden zu sein.

Deutlich heben sich in dem alveolären Gewebe einzelne stärkere, glatte, bindegewebige Bänder hervor, die sich von einer Seite des Blattes zur anderen ziehen; sie scheinen auf Querschnitten gewöhnlich etwas geschrumpft. Es sind dies die Pfeiler, die wir auf dem Totalpräparat sehen konnten.

Lestes (viridis). Die 3 Cerci von *Lestes* zeigen fast genau dieselben Verhältnisse wie die von *Agrion*. Auch sie sind im mittleren und älteren Larvenstadium in dorsoventraler Richtung flächenartig ausgewachsen und haben eine blattartige Gestalt mit stumpfer, runder Spitze. Ebenfalls lassen die 3 Appendices einen basalen Chitinring mit vorgebildeter Abbruchstelle und das eigentliche Schwanzblatt unterscheiden. Dieses letztere läßt aber nicht wie bei *Agrion* einen stärkeren, stabileren, proximalen Teil erkennen, sondern es ist durchweg dünner, die Zackung an den Rändern und die Borsten feiner als bei *Agrion*. Das mittlere Blatt ist ebenfalls etwas größer als die beiden lateralen, doch ist die Tracheenverzweigung nicht spitzwinklig wie bei *Agrion*, sondern von der mittleren Längstrachee gehen in kurzen Abständen beinahe rechtwinklig wenig verzweigte Seitenäste parallel zueinander ab, so daß die Verästelung hier ungefähr wie die Aderung eines jungen Musablattes aussieht. Quer- und Längsschnitte ergeben die gleichen Bilder wie bei *Agrion*.

Bei *Lestes* sind im Verhältnis zur ganzen Körperlänge die

Schwanzblätter größer und umfangreicher als bei *Agrion*, weshalb die Tiere auch schneller und gewandter schwimmen.

Calopteryx (virgo) hat in bezug auf die Cerci bemerkenswerte Unterschiede gegenüber den besprochenen beiden Gattungen. Diesen Unterschied hat DUFOUR schon festgestellt; er beschreibt die Appendices von *Calopteryx* folgendermaßen:

Appareil caudal de trois pièces seulement longues, roides, pointues, carénées.

Les pièces latérales de la queue sont creusées en gouttière; l'intermédiaire est une lame tranchante à dos canaliculé.

Bei *Calopteryx* sind also die 3 Cerci nicht blattartige, platte Gebilde, wie bei *Agrion* und *Lestes*, sondern sie sind stilettartig schlank, ihre Gestalt ähnlich wie bei jungen *Agrion*-Larven. Ihr Chitin ist dick und undurchsichtig, schwarzbraun pigmentiert. Quer über jeden der 3 Cerci laufen bei *Calopteryx virgo* 2 helle pigmentlose Bänder. Die Basalteile haben ähnliche Gestalt wie bei *Agrion*, nur daß sie kräftiger und höher sind, mit einem langen, dornartigen Fortsatz als Anheftungsstelle der Muskeln. Auch hier ist der Appendix dorsalis von den beiden mittleren unterschieden, er ist kleiner, flacher, etwas mehr zu dem blattartigen Typ hinneigend. Die eigentlichen Schwanzblätter lassen ebenfalls wie bei *Lestes* keine Differenzierung in proximalen und distalen Teil erkennen. Die Appendices laterales sind dreikantig, im Querschnitt erscheinen sie als gleichseitige Dreiecke, deren Seiten in der Mitte etwas eingebuchtet sind (Fig. 7); das mittlere Blatt dagegen ist vierkantig, etwas abgeplattet. An den Kanten sind die Cerci von der Basis bis zur Spitze in mehreren Reihen dicht mit starken, kurzen Borsten besetzt. Im distalen Drittel findet sich noch eine zweite Art von Borsten, die bedeutend dünner und länger sind und gewöhnlich in Winkeln der ersteren stehen.

Besonders abweichend von den beiden anderen Arten ist die Tracheenverzweigung bei *Calopteryx* (Fig. 8). Während bei *Agrion* die äußersten Äste nur in wenige kurze Capillaren aufgelöst waren, haben wir hier eine ungemein reiche Auflösung in Tracheencapillaren. Die großen Tracheenstämme längs des großen Blattes schicken seitlich viele schwächere Äste ab, die sich büschelartig in eine Unzahl feiner, langer Tracheencapillaren auflösen. Diese laufen dicht unter der Hypodermis des ganzen Blattes wirr durcheinander und geben ein ganz ähnliches Bild, wie wir es später bei der Tracheenverzweigung im Rectum von *Calopteryx* finden werden.

Quer- und Längsschnitte geben in bezug auf inneren Bau der Schwanzblätter und Blutgefäße — die man hier auf dem Totalbild nicht sieht — dieselben Befunde wie bei *Agrion*.

2. Physiologie.

Wie schon oben erwähnt, hat man sich bisher wenig mit den Appendices der Zygopteren befaßt, sondern einfach aus ihrer Lage und Gestalt und den verwandtschaftlichen Beziehungen der Zygopteren zu den Ephemeriden, die ja auch äußere Tracheenkiemen haben, auf die Atemfunktion dieser Gebilde geschlossen. Dieser Gedanke war einigermaßen naheliegend, da etliche Symptome dafür sprachen, sie als Tracheenkiemen anzusehen. Es sind dünne, flächenartige Gebilde, an die das Sauerstoff liefernde Medium gut herantritt; das durchsichtige Chitin erscheint auf dem Totalpräparat nicht allzu dick. Auch erscheint die Tracheenversorgung durch die groben, starken, baumartig verästelten Tracheen bei flüchtiger Untersuchung genügend reichlich.

Nun ist es aber eigentlich wunderbar, wenn eine für die Existenz der Tiere derartig notwendige und wichtige Funktion an einer solch gefährdeten und leicht verletzlichen Stelle vor sich gehen sollte. Denn man findet Tiere, denen teilweise die Schwanzkiemen fehlen oder bei denen sie in Regeneration begriffen sind, nicht gerade selten. Wenn die Möglichkeit, an dieser Stelle angegriffen zu werden, nicht sehr groß wäre, so wäre nicht schon vorher zwischen Basalteil und eigentlichem Schwanzblatt eine Abrißstelle vorgebildet, um bei etwaigem Angriff durch überlegenen Gegner unter Verlust eines Organes wenigstens das Leben zu retten.

Wenn nun auch die ziemlich großen Tracheen verhältnismäßig reichlich Seitenäste abgeben, so sind diese immer noch von beträchtlicher Stärke. Es fällt sofort auf, daß bei *Agrion*-Larven die capillare Verzweigung der Tracheen, durch die doch vor allem der Gaswechsel vor sich geht, für eine Tracheenkieme außerordentlich mäßig ist und nicht im entferntesten mit der Capillarverzweigung in den Kiemenblättchen der Anisopteren verglichen werden kann. Das Chitin der Schwanzblätter ist auf Querschnitten besonders bei älteren Larven reichlich dick. Da *Agrion* in stehendem Wasser gewöhnlich an Wasserpflanzen angeklammert lebt und nur, wenn sie gestört wird, sich bewegt und schwimmt, so kommt noch hinzu, daß der Wasserwechsel an diesen Schwanzblättern nicht sehr bedeutend und keinesfalls mit dem bei Ephemeriden zu vergleichen

ist, die durch dauernde Bewegung ihrer Tracheenkiemen einen Wasserstrom erzeugen und sich so immer neues Wasser zuführen. Eine regelmäßige Bewegung zum Zweck des Wasserwechsels findet bei den Zygopteren bekanntlich nicht statt.

Auch gegen die Deutung als Blutkiemen scheinen die oben gegebenen Tatsachen über den Bau zu sprechen.

Am auffälligsten ist es nun aber, daß die Tiere selbst bei Verlust aller Schwanzblätter unbekümmert weiter leben, ohne im geringsten Sauerstoffmangel durch Veränderung in ihrer Lebensweise zu zeigen.

Das alles läßt darauf schließen, daß die Natur den Schwanzblättern eine so wichtige Funktion wie die Atmung nicht oder wenigstens nicht als Hauptfunktion anvertraut haben kann. Sicher wird ein gewisser Gasaustausch an dieser Stelle sowohl durch die Tracheen als auch durch das Blut stattfinden, aber für die Atmung im ganzen kommt er sicher nicht in Betracht. Als Tracheenkiemen in dem Sinne, wie sie bisher aufgefaßt wurden, sind sie keineswegs anzusehen, und der Name Schwanzkiemen hat sicherlich keine Berechtigung.

Welche Bedeutung haben aber diese 3 eigenartigen blattförmigen Cerci am Hinterleib von *Agrion*, wenn sie nicht zur Atmung dienen? Die Beantwortung dieser Frage gibt uns ein sehr einfaches Experiment. Vergleicht man nämlich eine *Agrion*-Larve ohne Schwanzblätter und eine mit denselben, so kann man keinen Unterschied in bezug auf die Atemfunktion entdecken, aber wenn man sie aufscheucht, so merkt man einen beträchtlichen Unterschied in der Schnelligkeit ihrer Schwimmbewegungen. Die eine Larve vermag schnell und gewandt zu entweichen, indem sie ihre 3 Appendices hinten als Ruder gebraucht, während die andere mit hastigen unbeholfenen Bewegungen ihres Abdomens nur langsam vorwärts kommt. Ihre Bewegungen gleichen dem Schwimmen der jungen *Agrion*-Larven mit ihren fadenförmigen Cerci, die noch nicht flächenartig ausgewachsen sind und dem Wasser nicht genügend Widerstand bieten.

Um den Gegendruck des Wassers beim Schwimmen auszuhalten, sind an den Schwanzblättern verschiedene Einrichtungen getroffen. Die Blätter sind, wie wir gesehen haben, von beträchtlicher Größe, aber im Verhältnis zur Wassermenge, der sie infolge ihrer großen Flächenausdehnung Widerstand zu leisten haben, sehr dünn. Wenn nun auch der proximale Teil bei *Agrion* stabiler gebaut ist, so würde

doch das Blatt an der Übergangsstelle in den dünnen distalen Teil knicken. Wenn man nun unter dem Deckglas die Schwanzblätter betrachtet, so fließt das Blut ziemlich langsam in den großen Längsgefäßen. Macht aber das Tier Bewegungen, um die Blätter unter dem Deckglas vorzuziehen, so sieht man, wie zu Beginn dieser Bewegung das Blut in beiden Stämmen geradezu in die Cerci schießt und erst nach Beendigung der Anstrengung wieder in beiden Stämmen zurückfließt. Diese Beobachtung bringt mich zu der Vermutung, daß beim Schwimmen ebenfalls die Stabilität des distalen Teiles durch den Blutdruck verstärkt wird. Das in das Schwanzblatt gepreßte Blut wird durch die 2. Membran, die das Blatt unten abschließt, in ihr festgehalten. Vor allem erhöht das Tier aber dadurch noch die Festigkeit des Ruders, daß es alle 3 Schwanzblätter beim Schwimmen zusammenlegt, während sie in der Ruhe gespreizt weit auseinander stehen.

Die Pfeiler, die, wie wir im anatomischen Teil gesehen haben, von einer Blattfläche zur anderen gehen, scheinen mir einerseits zur Versteifung des Hohlraumes in dem Blatt zu dienen. Andererseits habe ich verschiedentlich beim lebenden Tier unter dem Mikroskop beobachtet, wie einzelne Stellen an den Blättern zeitweise ziemlich regelmäßig kontrahiert wurden, so daß sich deutlich Tracheen und Blutkörperchen in den Gefäßen hin und her bewegten. Danach scheint diesen Pfeilern auch eine gewisse Kontraktionsfähigkeit zukommen, vermöge deren sie vielleicht imstande sind, das zum Schwimmen besonders reichlich in die Blätter gepreßte Blut nach der Bewegung wieder bis zu einem gewissen Grade hinauszudrücken.

Lestes stimmt in bezug auf die Funktion der Schwanzblätter genau mit *Agrion* überein, zumal da ja auch nur ganz geringe Unterschiede in bezug auf den anatomischen Bau der Cerci bestehen.

Anders sind die Verhältnisse bei *Calopteryx*. Hier sind die Cerci stilett- oder dornartig, nicht mehr flächenartig ausgewachsen. *Calopteryx* kann seine Appendices also nicht als Ruder benutzen, da sie dem Wasser nicht genügend Widerstand bieten. Dem entspricht auch die Lebensweise von *Calopteryx*: sie ist bedeutend träger als *Agrion* und bewegt sich fast nur vermittels ihrer langen Beine vorwärts. Nur sehr schwer ist sie zum Schwimmen zu bewegen und tut dies auch sehr ungeschickt, da ja eben ihre Cerci hierzu nicht eingerichtet sind.

Dagegen scheinen in mancher Beziehung die Cerci von *Calopteryx* geeigneter zu sein, als Tracheenkieme zu wirken als die von *Agrion*. Im anatomischen Teil haben wir gesehen, daß in den Appendices von *Calopteryx* die Tracheen sich kolossal reichlich in Tracheencapillaren auflösen, die dicht unter der Hypodermis verlaufen. Da sich *Calopteryx*-Larven fast nur in fließenden Gewässern aufhalten, wäre auch für einen reichlichen Wasserwechsel an den Cerci gesorgt. Aber trotzdem können sie nicht erheblich für die Atmung in Betracht kommen, da *Calopteryx* auch ohne irgendwelche Beschwerden eine Amputation aller Appendices verträglich.

II. Stigma.

Schon in der historischen Übersicht hatte ich erwähnt, daß RÉAUMUR, als er auf die Stigmen der Odonatenlarven näher einging, damit eine Frage anschnitt, die seitdem viel in der Literatur behandelt wurde. OUSTALET (p. 376 ff.) und PALMEN (p. 34 ff.) geben eine Übersicht über die Literatur, die sich damit beschäftigt hat; ich kann mich aber darauf beschränken, einige neuere seitdem entstandene Arbeiten zu erwähnen. Die Ansichten über die Bedeutung und den Zweck des ersten Thoraxstigmenpaares sind sehr verschieden. HAGEN meint 1880, sie dienen wahrscheinlich dem Auslassen der gebrauchten Luft. Neuere Arbeiten versuchen vielfach auf experimentellem Wege die Bedeutung der Stigmen zu ergründen. DEWITZ stellt als Erster derartige Versuche an. PORTIER setzt 1911 mit anderen Methoden diese Untersuchungen fort und kommt zu dem Schluß, daß die prothoracalen Stigmen Sicherheitsorgane sind, um die innere Spannung zu regeln; vor allem sind es aber Häutungsstigmen. Bei der imaginalen Häutung füllt sich der Darm mit Luft, die auf die benachbarten Organe drückt und den Blutdruck vermehrt. PORTIER meint nun, daß diese Luft aus den Stigmen kommt.

Als Letzter hat BERVOETS 1913 sich mit dieser Frage beschäftigt; er kommt zu folgenden Resultaten:

I. Ganz junge Odonatenlarven sind apneutisch.

II. Mittlere *Agrion*-Larven haben schon ein offenes Thoraxstigmenpaar.

III. Die prothoracalen Stigmen sind Anpassung an Trockenheit.

Über die Anatomie der Stigmen der Odonatenlarven, im besonderen der Zygopteren, finden wir in der Literatur wenig. LANDOIS

u. THELEN und KRANCHER sind fast nur auf die Stigmen der Imago näher eingegangen.

Das erste thoracale Stigmenpaar der Zygopteren liegt in der weichen Intersegmentalhaut zwischen Pro- und Mesothorax ziemlich verborgen. Die Stigmen sind länglich und liegen quer zur Körperachse. Auf dem Totalpräparat sieht man 2 schwarzbraune Chitilippen, die bei *Calopteryx* stärker zu sein scheinen als bei *Lestes* und *Agrion*. Vor und hinter dem Stigma bildet die Intersegmentalhaut eine Falte, so daß das Stigma etwas hervortritt. Den kurzen Schlauch, der sich an die Lippen ansetzt, betrachte ich als Filzkammer. Sie hat eine eigentümliche wabige Oberfläche (Fig. 9), die an dem äußeren, dem Stigma zu gelegenen Teil stärker ist als innen. Die einzelnen Waben sind meist sechseckig, ganz ähnlich wie es GERSTÄCKER bei den Perlidenstigmen (l. c. Fig. 6) beschreibt. Eine Anzahl sehr großer Tracheen tritt an diese Filzkammer heran. Auf Schnitten (Fig. 10) sieht man, wie von dem Grunde dieser Filzkammer ein Muskel ausgeht, der schräg ventralwärts an der lateralen Falte ansetzt, die Pro- und Mesothorax hier bilden. Dieser Muskel bewirkt zweifellos den Verschluß des Stigmas. An dieser Stelle näher auf den anatomischen Bau des Stigmas und die genaue Wirkung des Muskels einzugehen, würde mich zu weit führen.

Wie wir sehen, sind in den früheren Arbeiten fast alle Möglichkeiten der Bedeutung dieser Stigmen erwogen. Es hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß die Stigmen als Anpassung an die Trockenheit angesprochen werden, derart, daß die Larven mittels der Stigmen atmen, wenn der Tümpel, in dem sie leben, austrocknet. Daß eine Atmung durch diese Stigmen möglich ist, haben Versuche von DEWITZ (p. 502 ff.) bewiesen, die ich nachprüfte und bestätigt fand. Ebenfalls sind die Larven auch gezwungen, atmosphärische Luft zu sich zu nehmen, wenn das Wasser in den Tümpeln schlecht geworden ist und nicht mehr genügend Sauerstoff darbietet. Dies läßt sich leicht experimentell erweisen, wenn man Larven in ausgekochtes, also sauerstoffarmes Wasser setzt. Auch hier fand ich die Versuche, die DEWITZ darüber angestellt hat, bestätigt. Dagegen scheint mir PORTIER's Ansicht über die Bedeutung der prothoracalen Stigmen als Häutungsstigmen mehr als zweifelhaft.

Mir glückte es nun, an Zygopterenlarven eine Beobachtung zu machen, die bisher nicht in der Literatur erwähnt ist. Ich sah wiederholt bei Larven jüngeren und älteren Stadiums aller 3 Gattungen, daß die Tracheen kurz nach einer larvalen Häutung ganz

oder doch teilweise ohne Luft waren und sich erst nach und nach mit Luft füllten. Und zwar nahmen sie diese aus der atmosphärischen Luft, denn man konnte diesen Prozeß beliebig zum Stillstand bringen, wenn man die Tiere eine Zeitlang nicht an die Oberfläche kommen ließ. Legte man sie dann in einen Hohlsliff und betrachtete unter dem Mikroskop die prothoracalen Stigmen, so konnte man deutlich sehen, wie sie mit den Stigmen Luft einpumpten und sie dann durch schnelle seitliche Bewegungen des Körpers in die Enden der Tracheen zu treiben versuchten. Ließ man die Larven kurz nach der Häutung, ehe sie in die Tracheen Luft eingenommen hatten, längere Zeit nicht mehr an die Oberfläche kommen, so waren die Tiere nach einigen Stunden tot.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich ein neues Moment für die Bedeutung der prothoracalen Stigmen: sie dienen dazu, die Tracheen kurz nach der larvalen Häutung mit Luft zu füllen.

III. Enddarm.

1. Anatomie.

Ehe wir mit der näheren Betrachtung des Enddarms beginnen, möchte ich eine kurze anatomische Bemerkung über die Einteilung und Benennung der einzelnen Darmteile voraussenden (Fig. 11). Der Darm wird allgemein eingeteilt in ectodermalen Vorderdarm, mesodermalen Mitteldarm und Enddarm, der auch wieder ectodermalen Ursprungs ist. Diese Hauptteile zerfallen aber wieder in verschiedene Unterabteilungen:

I. Vorderdarm.

1. Mundhöhle,
2. Ösophagus,
3. Kropf.

II. Mitteldarm.

III. Enddarm.

1. Ileum oder Dünndarm,
2. Rectalsack,
3. Rectum oder Colon,
4. Analdarm.

Uns interessiert hier im wesentlichen der Enddarm.

Vorausschicken will ich noch, daß die nun folgende Beschrei-

bung für Larven von *Agrion* gilt; auf Unterschiede mit *Calopteryx* und *Lestes* wird später besonders hingewiesen.

Der Mitteldarm hat eine walzenförmige Gestalt, verengt sich nach hinten etwas und reicht mit seinem analen Ende bis in das letzte Drittel des 4. Abdominalsegments. Er ist nicht gewunden; sein Lumen ist auf Querschnitten gewöhnlich kreisrund, selten kann man einige leichte Einfaltungen der Länge nach beobachten. Die Muskulatur des Mitteldarms ist nur schwach ausgebildet, sie wird nach hinten etwas stärker. Auf eine dünne Schicht Ringmuskulatur folgt nach außen eine Lage zarter Längsmuskelstränge. Das ganze ist dann von einer feinen Hülle umgeben, auf die ich nicht näher eingehen will.

Das Epithel des Mitteldarms ist ein überall gleichmäßig hohes Cylinderepithel, dem ein ziemlich starker Stäbchensaum aufsitzt (Fig. 12). Das Zellplasma weist eine deutliche Streifung senkrecht zum Lumen auf, so daß die Zellgrenzen schwer kenntlich sind.

Die ovalen, ziemlich großen Kerne befinden sich meist in der Mitte und sind so gelagert, daß sie einander ausweichen. In ihnen läßt sich überall ein großer, deutlicher Nucleolus erkennen. An der Oberfläche des Epithels findet man fast überall Secrettröpfchen, die sich teils schon losgelöst haben, teils noch mit ihren Bildungszellen zusammenhängen.

An der Basis dieses Epithels finden wir auf Querschnitten (Fig. 13) zuweilen Zellenanhäufungen, die ein ganz ähnliches Bild geben, wie es SADONÉS beim Mitteldarm von *Libellula* beschreibt. An manchen Stellen haben sich einige dieser Zellen losgelöst und wandern, größer werdend, dem Lumen zu. Diese Zellenanhäufungen sind wohl als Bildungsherde neuer Zellen aufzufassen. Da ihnen gegenüber am apicalen Teil des Epithels häufig eine Einsenkung zu bemerken ist, so haben wir sie wohl aus einer Einstülpung entstanden anzusehen.

Gewöhnlich wird die Einmündungsstelle der MALPIGHI'schen Gefäße als Trennungslinie zwischen Mittel- und Enddarm bezeichnet. Ich möchte dagegen hier diese Trennungsstelle etwas vor der Einmündung annehmen, da hier ein deutlicher Wechsel im Epithel vorhanden ist. Während wir bisher das hohe Epithel mit den sich ablösenden Secrettröpfchen hatten, geht dieses auf Schnittserien ganz unmittelbar in niedriges Epithel über. An dieser scharfen Grenze der beiden Epithelarten nehme ich den Beginn des Enddarmes an. Außerdem spricht auch die feine, chitinöse Membran, die hier schon

das Lumen auskleidet, dafür, daß dieser Teil zum Enddarm gehört.

Den ersten Teil des Enddarms bezeichnen wir als Ileum; es ist ein kurzer, in seiner Form veränderlicher Darmabschnitt mit vielen Längsfalten, die sich aber äußerlich nicht erkennen lassen. Hier münden, wie schon oben erwähnt, die MALPIGHI'schen Gefäße, die ziemlich zahlreich vorhanden sind, sich vor ihrer Einmündung aber zu mehreren vereinigen.

Auf Querschnitten läßt der Dünndarm deutlich 2 Serien von je 6 Längsfalten erkennen, die regelmäßig angeordnet sind. Zwischen 6 großen Längsfalten, die ziemlich weit ins Lumen hineinragen, erheben sich 6 schwächere Falten. Das einschichtige Epithel aller dieser Falten ist bedeutend flacher als das des Mitteldarmes. Die Kerne sitzen meist an dem inneren, dem Lumen zugewandten Rande der Zellen, haben eine kuglige Gestalt und lassen einen Nucleolus erkennen. In die Falten gehen Muskeln, die sich nach außen wieder mit den übrigen Bündeln der Ringmuskulatur vereinigen.

Die Ringmuskulatur ist vor der Mündungsstelle der MALPIGHI'schen Gefäße verhältnismäßig stark entwickelt, so daß dieser Teil als Sphincter angesehen werden kann, der dazu dient, den Mitteldarm gegen das Secret der MALPIGHI'schen Gefäße abzuschließen oder diesem wenigstens den Zutritt zu erschweren.

Scheint der ganze Dünndarm schon an und für sich durch seine Faltenbildung als Verschuß zu dienen, so ist überdies an seinem hinteren Ende noch ein sehr kräftiger Sphincter vorhanden, der nach Zahl und Art dieselben beiden Serien Längsfalten, nur in verstärktem Maße, aufweist. Die Hauptfalten selbst sind hier noch einmal gefaltet, und so liegen sie bei starker Kontraktion ganz dicht aufeinander, so daß das ganze Lumen von ihnen ausgefüllt ist und ein überaus fester Verschuß entsteht. Die Ringmuskulatur ist hier außerordentlich stark, mehrere mächtige Bündel sind übereinander gelagert.

Bei starker Kontraktion wird der Sphincter sogar noch ein Stück nach hinten in den darauf folgenden Rectalsack eingestülpt und wirkt so quasi noch als Rückschlagventil. Diese Einstülpung wird von Längsmuskeln bewirkt, die vom Rectalsack ausgehen und vor dem Sphincter am Dünndarm inserieren (Fig. 15). Diese werden jedenfalls besonders bei Durchtritt des Kotes gebraucht werden.

Die nun folgende Erweiterung wird Rectalsack genannt. Es ist eine kurze, ovale Blase. Schon am Totalpräparat lassen sich

deutlich 2 Arten von Epithel unterscheiden, auf Querschnitten sieht man, daß sie ganz scharf gegeneinander abgegrenzt sind und keinen allmählichen Übergang erkennen lassen (Fig. 16). Das eine Epithel wird von würfelförmigen Zellen gebildet, ähnlich dem Epithel, das das Lumen des Ileums auskleidet. Das zweite Epithel ist lokalisiert an 3 ovalen Stellen, die radiär in gleichem Abstand voneinander liegen. Bei *Libellula* und *Aeschna* finden sich nur 2 solcher Stellen. Ihr Epithel besteht aus hohen cylindrischen Zellen, deren Plasma eine deutliche Streifung zeigt; die Zellgrenzen sind schwer zu erkennen. Die mäßig großen, ovalen Kerne befinden sich ganz am apicalen Ende der Zellen, dicht am Lumen; ihre Stellung ist für dieses Epithel typisch. Oft sind in diesem Epithel Hohlräume vorhanden. Das Lumen ist wieder von einer feinen Cuticula ausgekleidet.

Die Tracheenversorgung des Rectalsacks ist nicht sonderlich reich. An jede der 3 Platten hohen Epithels tritt ein Tracheenast, der sich handförmig auf ihnen verzweigt. Das niedere Epithel ist nicht mit Tracheen versorgt.

Die verschiedene Form und Faltung des Rectalsacks wird durch Ring- und Längsmuskulatur bewirkt. Die 3 Platten scheinen ganz besonders beweglich zu sein, da sie fast auf jeder Schnittserie bei den verschiedenen Larven immer ein anderes Bild darbieten. Ja sogar der Grad der Einstülpung der einzelnen Platten an ein und demselben Objekt kann verschieden sein; wir finden sie mehr oder weniger in den Hohlraum des Rectalsacks eingedrückt.

Von dem niederen Epithel zwischen den 3 Platten wird nur je eine Längsfalte gebildet, die bei starker Kontraktion ziemlich weit ins Darmlumen hineinragt und selbst noch einmal schwach gefaltet sein kann (Fig. 14). Niemals habe ich aber bemerkt, daß das niedere kubische Epithel derartig Falten bildet, wie es SADONES bei *Libellula* abbildet.

Den Abschluß der Rectalblase gegen das Rectum bildet ein kräftiger Sphincter (Fig. 17). An dem Verschlußapparat lassen sich wieder 6 große Falten, die bei Kontraktion nochmals gefaltet sind, und 6 zwischen ihnen liegende kleine Falten erkennen. Das Epithel aller Falten ist gleich dem des Dünndarmes flach, beinahe kubisch, die Ringmuskulatur ziemlich stark ausgebildet; im übrigen sind es dieselben Verhältnisse wie an dem Sphincter, der die Rectalblase gegen das Ileum abschloß. Dieser Verschluß kann ebenfalls ins Rectum eingestülpt werden und als Rückschlagsventil funktionieren.

Das Rectum ist in anatomischer und physiologischer Beziehung der bemerkenswerteste Teil des ganzen Darmes, es bietet in mehr als einer Richtung besonders interessante Verhältnisse. Zunächst möchte ich einige Angaben bringen, die ich in der Literatur über diesen Teil des Enddarmes der Zygopteren gefunden habe.

DUFOUR, der sich als Erster und Einziger mit dem Rectum von *Calopteryx* näher befaßt hat, beschreibt es folgendermaßen:

„Au lieu de cette sumptuosité branchiale des *Aeshna* et des *Libellula*, on ne rencontre dans le rectum du *Calopteryx* que trois raquettes membraneuses, fixées par une seule extrémité à la partie interne et postérieure de cette poche stercorale de manière à être libres et flottantes aux deux tiers de leur longueur. La translucidité des parois rectales permet si bien d'apercevoir ces raquettes branchiales, que, dans ma première autopsie, je crus qu'elles étaient extérieures, et qu'elles embrassaient le rectum comme un calice. Plus tard, je constatai positivement leur situation intra-rectale.

Leur texture intime est on ne peut pas plus analogue à celle des branchies caudales de l'*Agrion*: elle consiste dans une fine broderie trachéenne, dont les nombreuses divisions aboutissent à une trachée médiane, qui s'abouche de poche en poche aux grands canaux aërières.“

HAGEN tut den Enddarm von *Calopteryx* mit folgenden Worten ab: Branchies rectales formant trois raquettes aplaties, avec une trachée cerclant le bord et des branches nombreuses dans l'intérieur.

OLGA POLETAJEV bestreitet, daß bei *Calopteryx* — wie DUFOUR schreibt — Darmkiemen vorhanden sind; denn die Darmwand sei glatt und durchsichtig. Sie wird aber von DEWITZ widerlegt, der die Untersuchungen DUFOUR's bestätigt.

Nach meinen eigenen Untersuchungen bei *Agrion* fand ich folgendes: Das Rectum, der längste Teil des Hinterdarmes, nimmt fast $\frac{2}{3}$ der ganzen Enddarmlänge ein; es hat je nach dem Grad seiner Füllung verschiedene Gestalt. In gefülltem Zustand ist es blasenförmig erweitert und verjüngt sich nach dem Anus zu. In entleertem Zustand ist es seiner ganzen Länge nach in 3 mächtige Längsfalten gefaltet. Schon äußerlich sieht man 3 lange, ovale Wülste, die sich fast über die ganze Länge des Rectums hinziehen und den größten Teil des Lumens ausfüllen.

Auf dem Totalpräparat sieht man, wenn man den Darm der Länge nach aufschneidet und ausbreitet, daß die 3 Wülste höheres Epithel besitzen als ihre Umgebung. Das eine Epithel, das sich

zwischen den Wülsten findet, erscheint auf dem gefärbten Präparat ganz dünn und durchsichtig, mit kleinen, unregelmäßig verstreut liegenden Kernen. Bei näherer Untersuchung zeigt es sich auf der Totalansicht deutlich verschieden von dem weiter oben beschriebenen kubischen Epithel der Rectalblase, da bei dem niederen Epithel der Rectalblase die Kerne dichter zusammenliegen als bei dem niederen Gewebe des Rectums. Die 3 Wülste haben ein gegen das Epithel der Umgebung scharf abgegrenztes, undurchsichtiges Epithel mit enorm großen Kernen. Zellgrenzen sind auf dem Totalbild nicht zu erkennen, doch läßt die Größe der Kerne und ihr Abstand voneinander auf eine beträchtliche Größe der Zellen schließen.

Das Rectum der meisten Tiere fand ich kontrahiert. Auf Querschnitten bietet es dann immer ein außerordentlich eigenartiges Bild dar (Fig. 18), dessen Bedeutung man sich zunächst gar nicht erklären kann, da man nicht ohne weiteres erkennt, wo hier das

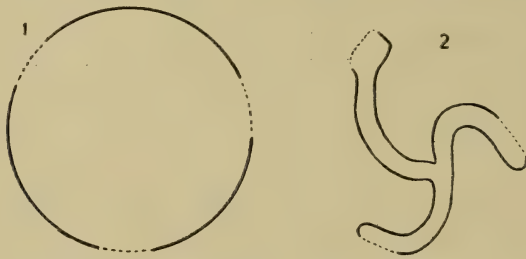


Fig. A. Schematischer Querschnitt durch das Rectum von *Agrion*.
1 Rectum in Dilatation. 2 Rectum in Kontraktion.

Darmlumen sein soll. Erst wenn man sich die Tätigkeit des Darmes vergegenwärtigt, auf die später näher eingegangen wird, wie er ganz voll Wasser gepumpt wird und dann auf einmal sich kontrahiert und das Wasser ausstößt, erst wenn man sich dies vor Augen hält, kann man das Bild deuten. Wir haben hier den Darm im Augenblick der stärksten Kontraktion, wo gerade alles Wasser ausgepreßt ist. Er bildet hier die vorhin erwähnten 3 mächtigen Längsfalten, die eine genau dorsal, die beiden anderen schräg ventral; ein schematisches Bild (Textfig. A) mag zeigen, wie sie aus dem dilatierten Rectum entstanden sind.

Das Rectum ist hier so gefaltet, daß die bei der Dilatation schräg gegenüberliegenden Wülste so eng aufeinander gepreßt sind, daß das Darmlumen faßt völlig verschwindet. Und zwar ist die Faltung derart, daß immer nur hohes Epithelgewebe hohem Epithel

gegenüberliegt, während das flache Epithel, vielfach in unregelmäßige, kleine Falten gelegt, die 3 großen Falten außen abschließt.

In histologischer Hinsicht bestätigen uns die Querschnitte, was wir schon auf Totalbildern gesehen haben. Die 3 Wülste haben ein hohes, von ihrer Umgebung scharf abgegrenztes Epithel, dessen Plasma senkrecht zur Oberfläche gestreift ist (Fig. 19). Häufig kann man Vacuolen, d. h. von festeren Teilen des Plasmas eingeschlossene Räume erkennen, die an Form und Größe verschieden sind; ich lasse es dahingestellt, ob es Kunstprodukte oder zur Atmung dienende Bluträume sind. Die Epithelzellen sind, wie schon erwähnt, sehr groß. Ihnen sind außerordentlich große Kerne eingelagert von verschiedener, ovaler, oft aber eckiger Gestalt, mit körnigem Inhalt; überall läßt sich deutlich ein Nucleolus erkennen. Im Vergleich mit dem hohen Epithel der Rectalblase sind im Rectum die Zellen bedeutend größer, die Kerne ungleich mächtiger, in der Mitte der Zellen gelegen, während in der Rectalblase die Kerne alle dicht am Darmlumen gelagert waren. Im übrigen stimmt die histologische Beschaffenheit der 3 Rectalwülste im wesentlichen überein mit dem hohen Epithel der Rectalkiemien bei *Libellula*, wie es SADONES unter dem Namen bourrelet basal beschreibt.

Regelmäßig fand ich das Rectum auf Querschnitten stark mit Blutflüssigkeit umspült; es sind dieselben Blutgerinsel, die wir im Herzschlauch sehen. Bedenken wir nun die Funktion des Rectums, auf die ich später noch eingehend zu sprechen komme, daß es regelmäßig Wasser aufnimmt und wieder ausstößt, so liegt die Annahme nahe, daß wir es hier mit einem Atemepithel zu tun haben. Vergewärtigen wir uns noch einmal in Kürze den histologischen Bau des Rectums: wir haben 3 länglich ovale, scharf abgegrenzte Flächen hohen Epithels, mit senkrecht zur Oberfläche gestreiftem Plasma und enorm großen Kernen. Dies alles sind typische Eigenschaften eines respiratorischen Gewebes, wie wir es ähnlich bei einigen Crustaceen finden.

BERNECKER gibt die Eigentümlichkeiten derartiger Gewebe bei Crustaceen folgendermaßen an:

„Es findet sich im Gebiete der respiratorischen Flächen ein charakteristisches Epithel, dessen Besonderheiten bei den niederen Formen bis einschließlich der Arthrostraca mehr ausgeprägt sind als bei den Decapoden und Stomatopoden.

Diese Besonderheiten sind: Im Vergleiche mit den gewöhnlichen Epithelzellen haben die respiratorischen Zellen sehr bedeutende

Dimensionen und dementsprechend große, nicht selten polymorphe Kerne. Das Plasma dieser Zellen erscheint mehr oder weniger ausgesprochen senkrecht zur Oberfläche gestreift, was durch eine gestreckt wabige Struktur bedingt wird. Die Dicke der flächenhaft ausgedehnten Zellen ist oft recht beträchtlich, besonders bei den niederen Abteilungen.

Dieses spezifische Epithel ist stets scharf und ohne jedes Zeichen eines Überganges gegen das normale Körperepithel abgegrenzt.“

Wir sehen, genau dieselben Eigenschaften weist das Epithel der 3 Rectalwülste auf. Da diese Wülste stark von Blut umspült sind, so liegt der Gedanke nahe, daß das Blut an dieser Stelle den Gasaustausch bewirkt.

Diese Vermutung gewinnt noch an Wahrscheinlichkeit, wenn wir daraufhin das Herz näher betrachten. Der mittlere dorsale Streifen des Abdomens hat bei den Zygopterenlarven wenig Pigment, und so können wir am lebenden Tier durch das hier durchsichtigere Chitin das darunter liegende Herz gut beobachten. Man sieht, daß in der Nähe des Rectums, besonders im vorletzten Segment, das Herz umfangreicher als weiter vorn, ferner die Herztätigkeit ganz besonders stark ist. Hier wird der Herzschlauch ganz besonders stark zusammengezogen und erweitert. Eine Bestätigung finden wir auch auf Querschnitten durch die Rectalgegend, auf denen immer das Herz enorm groß, die Herzmuskulatur sehr kräftig ist. In dieser Gegend ist der Herzschlauch nicht nur mit den Flügelmuskeln am Tergiten aufgehängt, sondern diese gehen hier auch schräg ventralwärts an der ventralen Seite der oberen großen Tracheenstämme vorbei und setzen an den Pleuren an (Fig. 20). Hierdurch wird offenbar bewirkt, daß das Blut in der Rectalgegend noch in erhöhtem Maße in Bewegung versetzt wird.

Die Tracheenversorgung des Rectums ist verhältnismäßig schwach. An jede der 3 Platten des Atmungsepithels tritt ein stärkerer Tracheenast. Unmittelbar an den Rectalwülsten verzweigt sich jeder handförmig in 4 schwächere Äste, die über die ganze Platte des Atmungsepithels verteilt und nur sehr wenig verzweigt sind. In dem niederen Epithel finden sich keine Tracheenverästelungen.

Die Kontraktion des Rectums geschieht durch Ringmuskulatur, die aber nicht in ihrem ganzen Verlauf mit der Basalmembran des Rectalepithels verbunden ist, sondern scheinbar nur an den Grenzen

der beiden Epithelarten diesem aufsitzt. Bei kontrahiertem Darm finden wir demnach, daß die Ringmuskelfasern die großen Rectalfalten in weitem Bogen überspannen.

Die anatomischen und histologischen Verhältnisse sind bei *Lestes* im wesentlichen dieselben wie bei *Agrion*. Auch hier finden wir im Rectum 3 Wülste hohen Epithels mit geringer Tracheenversorgung, nur erscheint hier das Epithel etwas flacher als bei *Agrion*, die histologische Beschaffenheit ist aber ganz ähnlich. Herzschlauch und Flügelmuskulatur weisen dieselben Verhältnisse auf wie bei *Agrion*. Aus mir unbekannten Gründen fand ich auf den beiden Querschnittserien, die ich von *Lestes* herstellte, beidemal das Rectum in Dilatation. Jedenfalls ist dies auf die Art der Tötung oder Fixierung des *Lestes*-Materials zurückzuführen, sonst sind die anatomischen Verhältnisse genau wie bei *Agrion*.

Etwas anders liegen die Dinge bei *Calopteryx*. Bei oberflächlicher Beobachtung, besonders der Schnittserien, finden wir eigentlich ganz ähnliche Bilder wie bei *Agrion* und *Lestes*. Auch hier weist das Rectum 3 Wülste auf; seine histologische Beschaffenheit ist der der beiden anderen Arten ganz ähnlich; wir finden hier ebenfalls 3 Wülste hohen Epithels, die bei der Kontraktion ganz dieselben typischen Falten bilden wie bei *Agrion*. Auch finden wir bei *Calopteryx* in den Zellen des hohen Epithels Räume, ähnlich wie bei *Agrion*, die mit einer Flüssigkeit ausgefüllt sind, die auf dem Schnitt geschrumpft ist (Fig. 21). Ich lasse es dahingestellt sein, ob dies Blutflüssigkeit ist. Wenn wir auf anderen Schnittserien nicht wieder genau dasselbe Bild erhalten — die Blutflüssigkeit sieht sonst körniger aus —, so ist auch hierbei wohl die Art der Tötung oder Fixierung der Grund.

Betrachten wir jedoch das vom lebenden Tier frisch herauspräparierte Rectum näher, so ist sofort ein Unterschied zwischen *Agrion* und *Lestes* einerseits und *Calopteryx* andererseits bemerkbar. Während bei *Agrion* und *Lestes* das Rectum nur verhältnismäßig schwach mit Tracheen versorgt ist, weist *Calopteryx* eine ungewöhnlich reiche Tracheenverzweigung auf (Fig. 22 u. 23). An jeden Wulst des Rectums treten 2 Tracheenstämme, ein größerer oberer und ein schwächerer unterer Ast, die beide von demselben Längsstamm ausgehen. Diese sind an der Außenseite der Wülste hinlaufend einige Male verzweigt und lösen sich schließlich in eine Unzahl langer, feiner Tracheencapillaren auf. Die Capillaren, die büschelartig von einem stärkeren Tracheenast ausgehen, sind wie

ein wirrer Knäuel feiner Fäden ineinander verschlungen. Es konnte selbst mit scharfer Vergrößerung nicht einwandfrei festgestellt werden, ob sie blind endigen oder ineinander übergehen. So weit ich es beobachten konnte, gehen sie nicht ineinander über. Querschnitte ergaben, daß die Tracheencapillaren nicht nur außen am Wulst verlaufen, sondern in die Epithelzellen hineingehen. Wir haben hier ein ganz ähnliches Bild ungeheuer reicher Tracheenverästelung, wie wir es in den Kiemenblättchen der Anisopteren finden, und so liegt der Gedanke nahe, daß bei *Calopteryx* der Gasaustausch in erster Linie durch die Tracheen vor sich geht.

Bestärkt wird die Vermutung noch dadurch, daß das Herz von *Calopteryx* in der Rectalgegend verhältnismäßig weniger umfangreich ist als bei *Agrion* und *Lestes*.

Vergleichen wir jetzt noch einmal kurz die oben zitierte Darstellung DUFOUR's mit meinen eigenen Befunden: die 3 Epithelwülste, die DUFOUR mit *raquettes membraneuses* bezeichnet, konnte er bei jungen *Calopteryx*-Larven durch den Sterniten hindurch leicht sehen, da ja, wie eben erwähnt, diese Larven an den 3 Wülsten reiche Tracheenverzweigung haben und die mit Luft gefüllten Tracheen durch die Bauchschilder daher schwarz durchscheinen. Wenn er aber diese Rectalwülste für 3 intra-rectale Kiemen erklärt, die in der Nähe des Anus mit ihrem einen Ende mit dem Darm zusammenhängen, sonst aber frei in das Lumen hineinragen und infolgedessen bei Füllung des Darmes mit Wasser in ihm herumschwimmen, so ist er, wie wir gesehen haben, im Irrtum.

Den hinteren Abschnitt des Rectums bezeichne ich als *Anal-darm*. Er liegt im letzten Abdominalsegment, das er ganz durchzieht, und mündet am Ende dieses Segments an der ventralen Seite mit dem After, der außen von 3 *laminae anales* umgeben ist. Er weist 6 Wülste von zweierlei Art auf, die entsprechend den Epithelverhältnissen im Rectum miteinander alternieren. 3 von ihnen, die in den Reihen des niederen Epithels des Rectaldarmes stehen, zeigen auf Querschnitten ein flaches Epithel mit runden Kernen; das Innere dieser Wülste ist mit Fettgewebe erfüllt. Die 3 anderen, die zwischen ihnen stehen, haben ein hohes Epithel ganz ähnlich dem des Rectums. Dieses hohe Epithel ist bei Kontraktion in das Darm-lumen eingestülpt, so daß gegen die Körperhöhle Falten entstehen, die aber nicht mit Fettgewebe ausgekleidet sind, sondern in denen sich auf Querschnitten reichlich Blutgerinnsel zeigt. Weiter dem Anus zu geht das hohe Epithel in flaches, den anderen 3 Wülsten

gleichartiges über. Ebenso sind dort diese Wülste mit Fettgewebe erfüllt.

Der Analdarm ist von starken Ringsmuskelbündeln umgeben, die die 3 Falten des hohen Epithels am Anfang überspannen. Neben den kräftigen Ringmuskelbündeln finden wir noch 2 Serien von je 6 Bündeln kräftiger Dilatoren, die radiär die Leibeshöhle durchziehen (Fig. 24). Die erste Serie setzt am Vorderende des Analdarmes an und geht schräg nach vorn zur Körperwand des zweitletzten Abdominalsegments, die andere Serie ist am hinteren Ende des Analdarmes inseriert und geht schräg nach hinten zum hinteren Rande des 10. Segments. Die Muskelbündel beider Serien setzen an den Trennungsstellen der Wülste am Darm an.

Von jeder Serie ziehen 2 Bündel dorsal zum Tergit, 2 seitlich zu den Pleuren, während 2 schräg ventral zum Sternit ziehen. Der After selbst kann vermittels äußerst kräftiger Ringmuskelbündel verschlossen werden.

Die anatomischen und histologischen Verhältnisse des Analdarmes sind bei allen 3 Gruppen der Zygopteren gleich. Bei den Anisopteren sind sie, wie sie SADONES und FAUSSECK — letzterer unter dem Namen Rectaldrüsen — beschreiben, ganz ähnlich, nur daß beide nur eine Serie Dilatoren bei *Libellula* und *Aeschna* erwähnen.

2. Physiologie.

Die Physiologie des Enddarmes der Odonaten ist schon seit langer Zeit von den Forschern berücksichtigt worden, nachdem RÉAUMUR 1742 zuerst die Beobachtung gemacht hatte, daß die größten und bekanntesten Odonatenlarven durch den Enddarm atmen. DUFOUR besonders ging näher auf die Anatomie und Physiologie des Odonatendarmes ein, beschränkte sich aber auf die Anisopteren und teilte mit, daß auch *Calopteryx*, wenn auch wesentlich andere, einfacher gebaute Rectalkiemmen besitzt. Auf Grund dieser Atmungsverhältnisse teilte er die Zygopteren in 2 Gruppen:

Genre I. *Calopteryx*: Branchies intérieures ou rectales etc.

Genre II. *Agrion*: Branchies extérieures ou caudales.

Diese Ansichten über die Atmung der Zygopteren sind bis heute die herrschenden. In der ganzen Odonatenliteratur fand ich bisher nur 2 Forscher, die diese Ansicht nicht für ganz richtig hielten.

HAGEN bezweifelt 1880 die Angabe PALMEN's, daß bei den Agrioniden (d. h. Zygopteren) die Respiration durch die äußeren Kiemenblätter besorgt werde. Er meint, diese Behauptung wäre nur für die Hälfte und vielleicht noch weniger richtig, da über die Agrioniden im engeren Sinne noch nicht genügend Forschungen vorliegen. Für die eine Hälfte, die Calopteryginen, sind die Angaben nicht zutreffend.

Der andere ist DEWITZ; er schreibt 1890 von den Agrioniden: Die Blätter an der Hinterleibsspitze sind nicht die einzigen Atmungsorgane, ich hielt Tiere, denen ich die Blätter dicht am Körper abgeschnitten hatte, wochenlang im Aquarium, wahrscheinlich vermittelt der Enddarm ebenfalls die Respiration. Wenigstens sieht man bei durchsichtigen Tieren unter dem Mikroskop, wie ein Wasserstrom eingenommen und ausgestoßen wird. Bei *Calopteryx* kommen neben Schwanzkiemen auch Darmkiemen vor.

Beide Forscher haben ihre Vermutung nicht weiter geprüft und nähere Untersuchungen angestellt, und so haben die beiden einzigen Bemerkungen über die Darmatmung der Agrioniden bisher gar keine Beachtung gefunden.

So legt ROUSSEAU 1908—1909 in seiner Monographie über die Odonaten Europas in der Bestimmungstabelle, die er dort gibt, dieselbe Einteilung zugrunde wie DUFOUR, und BROCHER schreibt 1913:

„Au point de vue de la respiration, les larves des *Calopteryx* font la transition entre les larves, qui ont la respiration rectale, et celles, qui respirent par trachéobranches caudales externes. Elles ont en effet à la fois, ces deux modes de respiration. Les larves des Agrionides (*Lestes*, *Agrion*), en revanche, ne respirent que par tracheo-branches externes.“

Beim Sammeln von Agrionidenmaterial findet man hin und wieder Tiere, denen 1, 2, manchmal sogar alle 3 Schwanzblätter fehlen oder die im Begriffe sind, diese verloren gegangenen Körperteile wieder neu zu bilden. Da nun aber auch Tiere ohne jedes Schwanzblatt ruhig weiter fortleben und bisher allgemein angenommen wurde, daß die Tiere vermöge dieser Cerci atmen, so kommt man zu der Frage, wie geht jetzt die Sauerstoffaufnahme ohne die Kiemen vor sich?

Allgemeine Hautatmung scheint wenig wahrscheinlich, da besonders bei älteren Stadien das Chitin eine ganz beträchtliche Dicke

erreicht, was sich beim Schneiden oft sehr unangenehm bemerkbar macht. Auch die prothoracalen Stigmen können nicht in Betracht kommen, da die Tiere trotz des Verlustes der Schwanzkiemen nicht über die Wasseroberfläche hinauskommen. Es bleibt also nur noch die Vermutung, daß die Larven ebenfalls durch den Enddarm atmen, wie es von ihren Verwandten, den Anisopteren, und von *Calopteryx* bekannt ist.

Für diese Annahme sprechen noch folgende Beobachtungen.

Wenn man junge oder frisch gehäutete, lebende Exemplare, die noch einigermaßen durchsichtig sind, längere Zeit im Hohlsliff unter dem Mikroskop betrachtet, so sieht man, wie der Enddarm Kontraktions- und Dilatationsbewegungen macht. Am besten läßt sich dies beobachten, wenn man die Tiere auf den Rücken legt und ihnen die Beine dicht am Körper abschneidet, damit sie sich nicht dauernd bewegen und sich bemühen, sich auf die andere Seite zu wälzen. Durch dieses Erweitern des Darmes tritt zweifellos Wasser in das Rectum: dies kann man noch besonders deutlich machen wenn man Karminpulver dem Wasser in dem Hohlsliff zusetzt. Dann sieht man ganz klar, wie ein Körnchenstrom in den Darm eingesogen und ausgestoßen wird.

An ganz frisch gehäutetem *Agrion*-Material ließen sich die einzelnen Phasen der Darmtätigkeit genau beobachten. Es öffnet sich zunächst die Analklappe, und vermöge der Dilatatoren weitet sich das Darmlumen des letzten Segments, der Analdarm, um Wasser einzusaugen. Dann schließt sich der After, und zugleich verengt sich durch die Kontraktion der Ringmuskulatur der Analdarm von hinten nach vorn, so daß das eingesogene Wasser in den vorderen Teil des Rectums getrieben wird. Dieser Vorgang wiederholt sich nun regelmäßig hintereinander 5—7mal, und so pumpt das Tier Wasser ein, wobei der vordere Teil des Rectums sich bei jeder neuen Zufuhr von Wasser weiter ausdehnt und mächtig anschwillt. Gleichzeitig wird der ganze Enddarm seiner Länge nach etwas nach dem Kopf zu gestreckt, so daß der das Rectum nach vorn gegen die Rectalblase abschließende Sphincter beim letzten Einziehen des Wassers in die Mitte des viertletzten Segments zu liegen kommt.

Ist die größte Dilatation erreicht, so folgt eine kleine Pause, worauf dann das ganze Wasser mit einem Stoß herausgepreßt wird, indem sich jetzt der Darm von vorn nach hinten zu verengt. Der Rectalverschluß kommt jetzt wieder in die Mitte des drittletzten Abdominalsegments zu liegen. Er wirkt, wie im anatomischen Teil

schon erwähnt, bei diesem Ausstoßen des Wassers als Rückschlagventil und verstärkt somit noch die Wucht des Stoßes.

Dieses Einsaugen und Ausstoßen des Wassers im Rectum fand ich bei allen Larven in jedem Stadium, gleichgültig, ob sie noch im vollen Besitz der Schwanzblätter waren oder ob sie sie teilweise oder ganz verloren hatten. Deswegen kann ich auch HEYMONS nicht zustimmen, wenn er meint, daß bei jugendlichen Stadien nach Verlust der Schwanzblätter die gesamte Körperoberfläche die Atmung übernimmt. Nach meinen Beobachtungen ist es vor allem der Enddarm, der der Respiration dient.

Nun müssen wir die Frage aufwerfen: wie geht dieser Atemprozeß vor sich, wie wird der im Wasser gelöste Sauerstoff von dem Tier aufgenommen?

Tracheenkiemen in Form von Kiemenblättchen, wie wir sie bei den Anisopteren finden, sind im Rectum der Zygopteren nicht vorhanden. Wie wir oben gesehen haben, ist das Rectum bei Agrioidenlarven nur mäßig mit Tracheen versorgt, so daß die Annahme wenig Wahrscheinlichkeit hat, daß das ganze Rectum als Tracheenkieme wirkt.

Vergegenwärtigen wir uns kurz noch einmal das im anatomischen Teil über den Bau des Rectums Gesagte. Wir fanden im Rectum 3 länglich ovale, von ihrer Umgebung scharf abgegrenzte Wülste, die den größten Teil des Lumens auskleiden. Diese werden getrennt durch Flächen niederen Epithels, das offenbar dazu dient, die Dilatationsfähigkeit des Rectums zu erhöhen. Die Wülste hatten ein hohes, senkrecht zur Oberfläche gestreiftes Epithel mit enorm großen Kernen; dieses hatten wir als Atemepithel angesprochen.

Auf Querschnitten haben wir immer gefunden, daß das Rectum besonders reich von Blutgerinnsel umgeben war. Sehr viel Blut war vornehmlich außen in den Falten vorhanden, die der kontrahierte Darm bildet. Diese eigentlichen Falten des hohen Epithels kann man als große Bluträume auffassen, die gegen die Körperhöhle unvollkommen durch die die Falten überspannende Ringmuskulatur abgeschlossen sind. Diese Verhältnisse hatten uns schon zu der Annahme geführt, daß das Blut an dieser Stelle den Gasaustausch vermittelt. Naturgemäß geht zwar dieser Gasaustausch leichter vor sich, je dünner die Gewebsschicht ist, die das Blut von dem Sauerstoff liefernden Medium trennt. Aber abgesehen von ihrer Dicke muß natürlich auch der histologischen Beschaffenheit der Darmwand eine Bedeutung zukommen, und diese ist, wie wir im anatomischen

Teil konstatiert haben, derart, daß man sie mit dem respiratorischen Epithel einiger Krebse vergleichen kann.

Die Anwesenheit des Blutes an sich in der Nähe der respiratorischen Flächen würde nun vielleicht noch nicht genügen, um uns an einen wirksamen Gasaustausch glauben zu lassen. Bei den Crustaceen ist nicht nur in der Nähe der respiratorischen Flächen Blut vorhanden, sie sind auch sehr rege von diesem umspült. Ist nun das gleiche auch der Fall beim Enddarm von *Agrion*? Wir müssen die Frage bejahen, denn wir finden verschiedene Einrichtungen, um das Blut reger circulieren zu lassen. *Agrion* hat einen in der Rectalgegend besonders mächtigen und tätigen, sehr muskulösen Herzschnlauch, der noch zur Verstärkung des Blutumlaufes mit den Flügelmuskeln an den Pleuren angeheftet ist. Das Pulsieren der Blutflüssigkeit wird noch erhöht durch die Tätigkeit des Rectums selbst, das durch seine Bewegungen das Blut beim Ausstoßen des Wassers in die Räume der Falten hineinzieht, beim Aufpumpen hinaustreibt.

Wir finden also unsere Annahme, daß das Blut an den respiratorischen Flächen des Enddarmes den Gasaustausch bewirkt, durch eine ganze Reihe von Tatsachen gestützt und können sagen, daß das Rectum bei *Agrion* als Blutkieme wirkt.

Die Darmbewegungen, die der Darm der Zygopteren beim Einsaugen und Ausstoßen des Wassers macht, sind deutlich unterschieden von den peristaltischen Bewegungen, die zum Ausstoßen des Kotes dienen. Diese letzteren verlaufen wellenförmig vom Mitteldarm zum Anus, wobei die Bewegung immer im Mitteldarm beginnt und im Analdarm aufhört. Umgekehrt erweitert sich beim Wassereinsaugen zuerst der Analdarm, und dann schreitet die Erweiterung des Lumens nach vorn fort.

Beim Austritt des Kotes aus dem Darm scheint das Ein- und Ausstoßen des Wassers eine große Rolle zu spielen. Bei einer *Lestes*-Larve, die ihren Darm unmittelbar nach der Häutung entleerte, konnte ich dies gut beobachten; bei ihr waren der Mitteldarm und die Rectalblase mit Kot gefüllt. Der Durchtritt der Nahrung durch die starken Sphincteren, besonders den oberen Rectalsphincter, mußten dem Tier wohl große Schwierigkeiten bereiten; es verfuhr dabei folgendermaßen: zuerst wurde durch Einpumpen von Wasser — es wurde bedeutend mehr Wasser aufgenommen als beim Atemprozeß — das Darmlumen enorm erweitert. Dies bezweckte jedenfalls, den Sphincter zwischen Rectum und Rectalblase weiter zu

öffnen. Dann schlenkerte das Tier mit dem Hinterleib mehrere Male hin und her, behielt das Wasser aber noch eine Zeitlang im Darm, eventuell unter neuem Einpumpen, und stieß dann mit großer Gewalt das Wasser hinaus, wobei der Kot ein Stück weiter rutschte.

Nachdem dann der Defäcationsvorgang in dieser Art schon $\frac{1}{2}$ Stunde gedauert hatte und das hinterste Ende des Kotes (peritrophische Membran abgerechnet) schon bis zum Anfang des zweitletzten Segments gekommen war, machte das Tier eine Pause. Der Kot wurde ein Stück zurückgezogen, so daß das Ende wieder bis ins drittletzte Segment zurückkam, der Rectalsack erweiterte sich sehr stark, und das Tier fing an regelmäßige Atembewegungen zu machen. Nach 20 Minuten hörten die Atembewegungen auf. Der Rectalsack machte nun starke peristaltische Bewegungen und war Ausgangspunkt von Wellenbewegungen, die sich nach dem Kopf und analwärts zu fortpflanzten, hinten jedoch ohne Wasser aufzunehmen und auszustoßen. So trat die Kotsäule allmählich durch den Darm und wurde zunächst mit einem Ruck herausgeschleudert. $\frac{1}{4}$ Stunde nach dem Defäcationsvorgang machte das Tier wieder regelmäßige Atembewegungen.

Weicht *Lestes* in bezug auf den Enddarm schon in anatomischer Beziehung fast gar nicht von *Agrion* ab, so erst recht nicht bezüglich der Funktion des Rectums. Von *Lestes* gilt in allen Teilen daselbe, was wir von *Agrion* gesagt haben. Bei der *Lestes*-Larve geht das Füllen und Entleeren in genau denselben Perioden vor sich, bei ihr wirkt ebenfalls das Rectums als Blutkieme.

Anders ist es bei Larven von *Calopteryx*, die ja schon in anatomischer Beziehung beträchtliche Unterschiede gegenüber diesen beiden vorher beschriebenen Arten aufweisen. Rufen wir uns noch einmal kurz das im anatomischen Teil hierüber Gesagte in Erinnerung. Auch hier haben wir im Rectum 3 Wülste hohen Epithels. Aber während diese bei *Agrion* und *Lestes* nur sehr wenig mit Tracheen versorgt sind, zeigt im Gegensatz dazu *Calopteryx* im Enddarm einen ungeheuren Reichtum von Tracheencapillaren, die lebhaft an die reiche Tracheenverzweigung bei den Anisopteren erinnern. Wie bei *Libellula* und *Aeschna* konnten wir auch hier deutlich erkennen, daß die feinen Tracheen in das Rectalepithel hineingehen. Der Herzschlauch von *Calopteryx* erschien ebenfalls schwächer als bei *Agrion* und *Lestes*.

Dies alles führte zu der Annahme, daß bei *Calopteryx* in erster Linie der Gaswechsel vermittlels der Tracheencapillaren vor sich

geht, wie es bei den Anisopteren ist. Auf die Frage, wie der Gasaustausch im einzelnen in den Capillaren geschieht und welche Rolle dabei das Protoplasma spielt, kann ich nicht näher eingehen. Die Bewegung des Rectums beim Einsaugen und Ausstoßen des Wassers, wobei die Tracheen auch der Länge nach zusammengepreßt und auseinandergezogen werden, verbürgt jedenfalls einen reichlichen Gaswechsel innerhalb der Tracheenstämme und eine Erneuerung des Gasgemisches innerhalb der Capillaren. Wir können also sagen: der Enddarm von *Calopteryx* funktioniert in erster Linie als Tracheenkieme, obgleich dem Blut jedenfalls auch noch eine wichtige Rolle zukommt.

Calopteryx steht also in bezug auf Atmung den Anisopteren näher als *Agrion* und *Lestes*. Dies zeigt sich auch in der Technik des Auspumpens, denn *Calopteryx* bedarf zur Füllung des Darmes gewöhnlich nur 4, höchstens 5 Züge, während die anderen 5—7 machen. Beim Entleeren wird dann wieder der Darm, wie bei *Agrion*, sowohl längs als auch etwas quer zusammengepreßt, so daß der obere Sphincter des Rectums bei Kontraktion in das obere Drittel des viertletzten Segments zu liegen kommt, während er bei voller Dilatation in der unteren Hälfte des fünftletzten Abdominalsegments lag.

Die auf anatomischem und physiologischem Wege und durch Beobachtung am lebenden Objekt erhaltenen Resultate suchte ich experimentell nachzuprüfen. Die angestellten physiologischen Versuche gaben eine volle Bestätigung meiner Befunde.

Wenn man Zygopteren-Larven den Anus verklebt, damit sie kein Wasser in den Enddarm aufnehmen können, so bleibt ihnen nur die Möglichkeit, vermittels ihrer Schwanzblätter zu atmen, und es müßte sich nun erweisen, ob die Cerci als Atmungsorgane anzusprechen sind oder nicht. Die physiologischen Versuche, von denen ich zwei anführen will, gaben mir die Gewißheit, daß sie es nicht sind. Um die Tiere an der Luftaufnahme durch das erste thoracale Stigmenpaar zu verhindern, mußten sie dauernd unter Wasser gehalten werden. Es ist außerordentlich schwierig, Larven, die noch alle 3 Cerci haben, den Anus zu verkleben, weil man dann schlecht mit dem Klebstoff herankommt; ich habe deswegen immer Tiere genommen, denen ein laterales Schwanzblatt fehlte.

I. Versuch. 2 *Agrion*-Larven mit je 2 Schwanzblättern und 1 *Agrion*-Larve ohne Schwanzblätter wurde mit Collodium der Anus verklebt. Alle 3 Larven hielt ich unter Wasser und ließ sie nicht

an die Oberfläche kommen; sie waren nach einiger Zeit matt und nach 6 Stunden tot.

II. Versuch. 1 *Calopteryx*-Larve mit 2 Schwanzblättern und 1 Larve ohne Schwanzblätter wurde wieder der Anus verklebt und dann unter Wasser gehalten. Als ich nach 20 Stunden nachsah, waren beide Tiere tot.

Larven, die nicht an die Oberfläche kommen konnten und denen die Möglichkeit genommen war, Wasser in das Rectum aufzunehmen, verschieden regelmäßig.

Nun könnte man einwenden, die Tiere seien nicht an Sauerstoffmangel zugrunde gegangen, sondern die Prozedur des Zuklebens habe den Tod der Tiere herbeigeführt. Dies kann ich aber widerlegen. Zur Kontrolle nahm ich nämlich Tiere ohne Schwanzblätter und klebte ihnen, ganz wie den ersten, den Anus zu. Diese Larven hielt ich in feuchter Luft und gab ihnen dadurch die Möglichkeit, durch die prothoracalen Stigmen zu atmen. Das Kontrolltier zum ersten Versuch lebte noch nach 24 Stunden und wurde dann vom Collodiumhäutchen befreit. Die Kontrolllarve von *Calopteryx* beim zweiten Versuch lebte noch 2 Tage ganz munter in feuchter Luft. Als ich sie ins Wasser warf, kam sie dauernd an die Oberfläche, um mit den Stigmen zu atmen; nachdem ich dies verhinderte, war sie nach einigen Stunden tot.

Diese Versuche zeigen, daß Zygopterenlarven unter Wasser bei der Atmung nur auf den Enddarm angewiesen sind und daß die bisherige Ansicht, die man über die Atmung dieser Larven hatte, irrig ist.

Vergleich.

Vergleichen wir zum Schluß noch einmal kurz die 3 Gattungen der Zygopteren und die Anisopteren miteinander:

Schwanzblätter. Die 3 blattförmigen, beweglichen Cerci am Abdomen von *Agrion* und *Lestes* sind bei *Calopteryx* nicht flächenhaft ausgewachsen, sondern stilettartig gestaltet, ebenfalls gegen das letzte Abdominalsegment beweglich. Für die Atemfunktion kommen, wie oben erwähnt, die Cerci überhaupt nicht oder nur in ganz geringem Maße in Betracht. Sie dienen vor allem bei *Agrion* und *Lestes* zum Schwimmen.

Bei den Anisopteren haben diese 3 Appendices eine gänzlich

andere Gestalt, so daß man sie im ersten Augenblick kaum wieder-erkennt. Hier sind die den 3 Cerci der Zygopteren homologen Gebilde 3 bedeutend kleinere, spitze, dornenartige Stacheln aus starkem Chitin, die das Abdomen pyramidenförmig nach hinten abschließen. Basalteil und distaler Teil sind nicht unterschieden, naturgemäß ist auch keine vorgebildete Trennungsstelle vorhanden, sondern sie sind ganz fest und wenig beweglich mit dem 10. Abdominalsegment verbunden. Bei den Atembewegungen werden sie leicht bewegt und können fest zusammengepreßt werden und verschließen auf diese Art den Zugang zum After. Bei *Aeschna*-Larven sind diese Schwanzstacheln besonders lang und spitz und dienen außerdem noch als Waffe, womit diese Tiere wohl imstande sind, sich größere Gegner vom Leibe zu halten. Zum Schwimmen haben sie die flächenartigen Schwanzblätter der Zygopteren nicht mehr nötig; dies wird bekanntlich auf andere Art besorgt.

Stigmen. In bezug auf die Stigmen sind meines Erachtens keine wesentlichen Unterschiede zwischen Anisopteren und Zygopteren vorhanden. DEWITZ hat allerdings festgestellt, daß die Stigmen der Zygopteren und der *Libellula*-Larven schon in früheren Jugendstadien offen sind, während *Aeschna*-Larven erst in späteren Larvenstadien bei Anwendung von Alkohol und warmem Wasser Luft von sich gaben. Wenn er nun meint, daß bei jüngeren Stadien von *Libellula* und den Zygopteren der Muskelapparat der Brust wohl noch nicht geeignet ist, eine Lufteinnahme zu bewerkstelligen, so widersprechen dem meine Beobachtungen. Ich bin im Gegenteil der Ansicht, daß selbst wenn junge Larven bei den Versuchen von DEWITZ keine Luft aus dem ersten Stigmenpaar abgegeben haben, diese Stigmen recht gut kurz nach der Häutung befähigt sein können Luft aufzunehmen und daß sie sich erst nach diesem Prozeß fest verschließen.

Enddarm. Der Enddarm dient bei den Anisopteren sowohl als bei den Zygopteren als Atmungsorgan. Die letzteren haben im Rectum 3 Rectalwülste, die bei *Agrion* und *Lestes* sehr wenig, bei *Calopteryx* ungeheuer reich mit Tracheencapillaren versorgt sind; bei *Agrion* und *Lestes* ist das Rectum reich von Blut umspült. Es wirkt also der Enddarm bei *Agrion* und *Lestes* als Blutkieme, der Enddarm von *Calopteryx* mehr als Tracheenkieme.

Bei den Anisopteren hat sich die der Atmung dienende Fläche beträchtlich vergrößert. Sie haben sich bedeutend besser der Darmatmung angepaßt. An Stelle der 3 Rectalwülste der Zygopteren

haben sie in ihrem Rectum 6 Doppelreihen von Kiemenlamellen mit reicher capillarer Auflösung der Tracheen, die als Tracheenkiemen funktionieren. Wie man sich den Übergang von den 3 Wülsten der Zygopteren zu den 12 Reihen von Kiemenblättchen der Anisopteren vorzustellen hat, kann ich nicht angeben. Vielleicht würden uns *Euphaea*-Larven, eine ausländische *Calopteryx*-Art, die am 2.—8. Abdominalsegment laterale Tracheenkiemen hat und die noch primitivere Verhältnisse aufweist, in dieser Beziehung Aufklärung geben. Leider gelang es mir nicht, Material davon zu erhalten, und die Arbeiten von RIS, NEEDHAM und CALVERT, die sich mit dieser Gruppe beschäftigen, lassen in dieser Hinsicht keine Schlüsse ziehen. Verschiedene Anzeichen deuten darauf hin, daß wir bei den Zygopteren primitivere Verhältnisse finden; bei ihnen ist das Rectum noch nicht in ein derartig gut funktionierendes Atmungsorgan umgewandelt.

Das Einsaugen und Ausstoßen des Wassers wird bei den Zygopteren durch die Darmmuskulatur selbst bewirkt; bei ihnen sind hierbei nur die Ringmuskulatur und die beiden Serien Dilatatoren tätig, die vom Analdarm, gewissermaßen einer Vorkammer, sternförmig zur Körperwand gehen. Das Füllen des Rectums erfolgt bei den Zygopteren durch abwechselndes Füllen und Entleeren des Analdarmes; es geschieht also mehr passiv. Um das Rectum ganz mit Wasser zu füllen, müssen sie mehrere Pumpstöße machen; so machen *Agrion* und *Lestes* 5—7, *Calopteryx*-Larven etwas weniger. Bei *Libellula* und *Aeschna* dagegen kann man beobachten, daß jedem einmaligen Einziehen des Wassers unmittelbar darauf wieder ein Ausstoßen folgt, genau wie wir die Luft ein- und ausatmen. Der Analdarm scheint hierbei keine Rolle zu spielen, doch war ich nicht in der Lage, durchsichtiges Anisopterenmaterial daraufhin prüfen zu können.

Im Gegensatz zu den Zygopteren tritt bei den Anisopteren die ganze Abdominalmuskulatur bei der Darmatmung in Bewegung. Besonders gut kann man dies bei den Libelluliden beobachten, bei denen das ganze Bauchschild deutlich Kontraktions- und Dilatationsbewegungen macht. Bei den Anisopteren sind also die Atembewegungen bedeutend stärker als bei den Zygopteren; ja sie können sogar das Entleeren des Darmes mit solcher Heftigkeit bewirken, daß sie sich vermöge des ausgestoßenen Wasserstromes mit beträchtlicher Schnelligkeit fortbewegen.

Mit der weiteren Anpassung des Enddarmes der Odonatenlarven

an die Atemfunktion und an das Schwimmen finden wir also eine Rückbildung der Schwanzblätter; die Befähigung des Enddarmes, Wasser aufzunehmen, steht im engsten Zusammenhang mit der Bewegung der Tiere. Die Beobachtung — die auch LEUE neuerdings bei Ephemeridenlarven gemacht hat —, daß das ausgestoßene Wasser zugleich zur Fortbewegung dient, habe ich bei den Zygopteren nie machen können und halte es auch bei ihnen für ausgeschlossen.

Es wird allgemein angenommen, daß *Calopteryx* der ursprünglichsten Form der Odonaten am nächsten steht, dafür sprechen auch meine Untersuchungen an den Larven; von ihr kann man leicht beide Formen ableiten. Aus ihren stilettartigen Appendices entwickeln sich in der einen Richtung die flächenförmigen Schwanzblätter von *Agrion* und *Lestes* und in der anderen Richtung die dornenartigen Cerci der Anisopteren. Ob wir in der reichen Tracheenverzweigung des Enddarmes von *Calopteryx* das Ursprüngliche zu suchen haben oder ob der mehr als Blutkieme wirkende Darm von *Agrion* und *Lestes* primärer ist, lasse ich dahingestellt. Die weitgehende Übereinstimmung in der Tracheenversorgung des Enddarmes bei *Calopteryx* und der Kiemenblättchen der Anisopteren würde allerdings dafür sprechen, daß auch in dieser Beziehung *Calopteryx* die ursprünglicheren Verhältnisse aufweist.

Zusammenfassung.

Fassen wir zum Schluß noch einmal in wenigen Worten die in der Arbeit gefundenen Resultate zusammen.

Wir fanden:

I. Die Schwanzblätter der Zygopteren sind nicht, wie bisher angenommen wurde, als Atmungsorgane aufzufassen; ihre Hauptfunktion ist das Schwimmen.

II. Das erste thorocale Stigmenpaar dient unter anderem dazu, nach den larvalen Häutungen die Tracheen wieder mit Luft zu füllen.

III. Alle untersuchten Formen der Zygopteren atmen durch den Enddarm.

IV. Die Zygopteren haben im Rectum 3 Wülste von Atemepithel, das mehr oder weniger reich mit Tracheen versorgt ist.

V. Wir haben die Falten des Enddarmes von *Agrion* und

Lestes als Blutkieme, die von *Calopteryx* als Tracheenkieme aufzufassen.

VI. Die Füllung des Rectums erfolgt bei den Zygopteren durch Vermittlung des Analdarmes, bei den Anisopteren durch Vermittlung der Körpermuskulatur.

Zum Schluß sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer Herrn Geheimrat G. W. MÜLLER für seine Unterstützung und sein stetes Interesse, das er für die Arbeit hatte, zu danken.

Nachschrift.

Bei Ausbruch des Krieges war die vorliegende Arbeit dem Abschluß nahe. Ein Lazarettaufenthalt im März und April 1916 gestattete dem Verfasser sie abzuschließen. Die Kämpfe vor Douaumont haben dem arbeitsfreudigen und hoffnungsvollen Leben des Verfassers ein Ende gesetzt, er ist am 8. November 1916 fürs Vaterland gefallen.

W. MÜLLER.

Literaturverzeichnis.

- BERNECKER, A., Zur Histologie der Respirationsorgane bei Crustaceen, in: Zool. Jahrb.- Vol. 27, Anat, 1909.
- BERVOETS, R., Sur le système trachéen des larves d'Odonates, in: Biol. lacustre, Vol. 6, 1913.
- BOCHER, F., L'aquarium de chambre, Lausanne 1913.
- CLVERT, P. P., Studies on Costa Rican Odonata, in: Entomol. News, Vol. 22, 1911, p. 49—64.
- CIJN, CARL, Ueber den Bau, die Entwicklung und physiologische Bedeutung der Rektaldrüsen bei den Insekten, in: Abh. Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt, Vol. 10, 1876.
- DEITZ, H., Beobachtungen betreffend das geschlossene Tracheensystem, in: Zool. Anz., Jg. 13, 1890, p. 500—525.
- DUBUR, L., Etudes anatomiques et physiologiques et observations sur les larves des Libellules, in: Ann. Sc. nat. (3), Zool., Vol. 17, 1852, p. 65—110.
- MILN EDWARDS, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux, Vol. 2, Leçon 12, p. 189 ff.
- FAUSECK, Beiträge zur Histologie des Darmkanals der Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 45, 1887.
- DE GER, Mémoires pour servir à l'histoire des insectes, 1771, Vol. 2.
- GERSACKER, Ueber das Vorkommen von Tracheenkiemen bei ausgebildeten Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 24, 1874.
- HAGE, H. A., Einwüfe gegen PALMEN, in: Zool. Anz., Jg. 4, 1881.
- , Beitrag zur Kenntnis des Tracheensystems der Libellenlarven, ibid., Jg. 3, 1880.
- , EON DUFOUR über die Larven der Libellen mit Berücksichtigung & früheren Arbeiten, in: Stettin. entomol. Ztschr., Vol. 14, 1853.

- HEYMONS, R., Die Hinterleibsanhänge der Libellen und ihrer Larven, in: Ann. naturh. Hofmus. Wien, Vol. 19, 1904.
- KRANCHER, O., Der Bau der Stigmen bei den Insecten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 35, 1880, 1881.
- LANDOIS, H., Die Ton- und Stimmapparate der Insecten, *ibid.*, Vol. 17, 1867.
- LANDOIS und THELEN, Der Tracheenverschluß bei den Insekten, *ibid.*, Vol. 17, 1867.
- LEUE, FR. W., Beiträge zur Kenntnis der Ephemeriden, in: Arch. Naturg., Jg. 77, 3 Suppl., 1911.
- MARTIN, Respiration der Libellen, in: Bull. Soc. philom. Paris, Vol. 4, 1892.
- NEEDHAM, in: Entomol. News, Vol. 22, 1911, p. 145 ff.
- OUSTALET, E., Note sur la respiration chez les nymphes des Libellules, in: Ann. Sc. nat. (5), Zool., Vol. 11, 1869.
- PALMEN, J. A., Zur Morphologie des Tracheensystems, Helsingfors 1877.
- POLETAJEV, O., Quelques mots sur les organes respiratoires des larves des Odonates, in: Hor. Soc. entomol. Ross., Vol. 15, 1879.
- PORTIER, P., Recherches physiologiques sur les insectes aquatiques, in: Arch. zool. expér. (5), Vol. 8, 1911—1912.
- RÉAUMUR, Mémoires pour servir à l'histoire des insectes, 1742, Vol. 1.
- RIS, F., Ueber Odonaten von Java und Krakau, in: Tijdschr. Entomo, 1912, Vol. 55.
- ROESEL, Insekten-Belustigung. 1744, Vol. 2, pars II.
- ROSTER, D. A., Contributo all'anatomia ed alla biologia degli Odonti, in: Bull. Soc. entomol. Ital., Anno 17, 1885.
- ROUSSEAU, E., Etude monographique des larves des Odonates d'Europe, in: Ann. Biol. lac., Vol. 3, 4, Bruxelles 1908—1909.
- SADONES, J., L'appareil digestif et respiratoire larvaire des Odonates in: Cellule, Vol. 2, 1896.
- SUCKOW, Darmrespiration der Libellenlarven, in: Ztschr. organ. hys. (HEUSINGER), Vol. 2, 1828.
- SWAMMERDAM, Biblia naturae, 1680.

Erklärung der Abbildungen.

<i>A</i> Alveole	<i>Lm</i> Längsmuskel
<i>An</i> Analdarm	<i>Ltr</i> Loch für Trachee
<i>B</i> Basalteil	<i>M</i> Muskel
<i>Bg</i> Blutgefäß	<i>Md</i> Mitteldarm
<i>Bl</i> Blut	<i>Me</i> Membran
<i>Bm</i> Basalmembran	<i>Mp</i> MALPIGHI'sches Gefäß
<i>C</i> cuticulare Auskleidung	<i>N</i> Nerv
<i>D</i> Dilatator	<i>Nu</i> Nucleolus
<i>ds</i> dorsal	<i>Oe</i> Ösophagus
<i>E</i> Epithel	<i>Pf</i> Pfeiler
<i>F</i> Falte	<i>R</i> Rectum
<i>Fi</i> Filzkammer	<i>Rm</i> Ringmuskulatur
<i>Fl</i> Flügelmuskeln	<i>Rs</i> Rectalsack
<i>H</i> Herz	<i>Schw</i> Schwanzblatt
<i>Hö</i> Höcker	<i>Seg</i> Segment
<i>Hü</i> Hülle	<i>Sk</i> Secrettröpfchen
<i>Hyp</i> Hypodermis	<i>St. S</i> Stäbchensaum
<i>J</i> Ileum	<i>T</i> Trachee
<i>K</i> Kern	<i>Tr</i> Trennungsstelle
<i>Kr</i> Kropf	<i>V</i> Vacuole
<i>L</i> Lumen	<i>ve</i> ventral
<i>Lb</i> Loch für Blut	<i>V. M</i> Verschlusmuskel
<i>Li</i> Lippe	<i>W</i> Wulst

Tafel 3.

Fig. 1. Ansatzstelle eines Schwanzblattes von *Calopteryx*. 40 : 1.

Fig. 2. Basalteil eines Appendix lateralis von *Agrion*. 70 : 1.

Fig. 3. Verschlusmembran des Basalteils eines vor kurzem losgelösten mittleren Schwanzblattes von *Calopteryx*. 70 : 1.

- Fig. 4. Ansatzstelle eines Schwanzblattes von *Calopteryx*. Längsschnitt. 115 : 1.
- Fig. 5. Schwanzblatt von *Agrion*. Photogr. Aufnahme. 130 : 1.
- Fig. 6. Appendix dorsalis von *Calopteryx*. Querschnitt. 80 : 1.
- Fig. 7. Appendix lateralis von *Calopteryx*. Querschnitt. 80 : 1.
- Fig. 8. Schwanzblatt von *Calopteryx*. Photogr. Aufnahme. 130 : 1.
- Fig. 9. Filzkammerwandung eines prothoracalen Stigmas von *Agrion*. 130 : 1.
- Fig. 10. Prothoracales Stigma von *Agrion* (ält. Stad.). Längsschnitt. 115 : 1.
- Fig. 11. Schematische Darstellung des Darmes der Zygopteren.
- Fig. 12. Mitteldarmepithel von *Calopteryx*. Querschnitt. 420 : 1.
- Fig. 13. Mitteldarmepithel von *Lestes*. Querschnitt. 420 : 1.
- Fig. 14. Rectalsack von *Lestes* in Kontraktion. Querschnitt. 115 : 1.

Tafel 4.

- Fig. 15. Rectalsack von *Agrion*. Längsschnitt. 115 : 1.
- Fig. 16. Rectalsack von *Agrion*. Querschnitt. 210 : 1.
- Fig. 17. Grenze zwischen Rectalsack und Rectum von *Calopteryx*. Querschnitt. 210 : 1.
- Fig. 18. Rectum von *Calopteryx*. Die Cuticula bei C abgelöst und gefaltet. Querschnitt. 115 : 1.
- Fig. 19. Stück vom Rectum von *Agrion*. Querschnitt. 420 : 1.
- Fig. 20. 10. Abdominalsegment von *Agrion*. Querschnitt. 40 : 1.
- Fig. 21. Stück vom Rectum von *Calopteryx*. Querschnitt. 210 : 1.
- Fig. 22. Tracheenverzweigung am Rectalwulst von *Calopteryx*. Photogr. Aufnahme. 80 : 1.
- Fig. 23. Dasselbe, stärker vergrößert. 130 : 1.
- Fig. 24. 10. Abdominalsegment von *Lestes*. Querschnitt. 60 : 1.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Die Ernährungsbiologie fleischfressender Gastropoden.

2. Teil. Der Kalk, seine Ablagerungsstätten, seine Morphologie, Bildung und osmotische Lösung.

Von

Gottwalt Christian Hirsch,
zurzeit im Felde.

Mit 12 Abbildungen im Text.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
4. Kapitel: Der Kalk	199
1. Der Bindegewebskalk	201
Die Morphologie des Bindegewebes	202
Die Morphologie seines Kalkes	206
2. Der Secretkalk	209
3. Das Verhältnis des Kalkes zur Verdauungszeit	210
4. Die Bildung und osmotische Lösung des Kalkes	214
5. Vergleichendes zum Kalkstoffwechsel	224

4. Kapitel. Der Kalk.

Alle für das Tier notwendigen Salze werden mit der Pflanzennahrung und dem Wasser aufgenommen, sofern nicht bei Seetieren die direkte Aufnahme gelöster Salze aus dem Wasser durch die Körperhaut eine Rolle spielen sollte.¹⁾ Jedenfalls kommen alle im tierischen Organismus nachgewiesenen Salze auch in Pflanzen vor.

1) Was nach mehreren Untersuchungen mit Rohrzucker, Ammonium-

Von den aufgenommenen Salzen wird ein Teil gelöst zu mannigfachen Zwecken im Gewebe verwendet: zur Erhaltung eines bestimmten osmotischen Druckes, zur Regulation der Zellkolloide, der neutralen Reaktion im Gewebe usw., ein zweiter Teil ist an andere Stoffe in fester organischer Bindung angeschlossen; ein dritter Teil wird von der lebenden Substanz secerniert und dient im festen Zustande als Gerüst- und Schalensubstanz oder zur Herstellung von festen Mahl- und Kauflächen.

Der Salzgehalt der Gewebe ist für den Ablauf der Lebensvorgänge ungemein wichtig und unterliegt komplizierten Regulationen.

In fast allen Klassen des Tierreichs kommen kalkige Gerüste und Skelete vor, welche Gegenstand eines weiten morphologischen Studiums gewesen sind. Über die Physiologie der Kalkablagerung sind wir kaum unterrichtet. Kalkdepots finden sich nur bei Wirbellosen (S. 224).

Ich teile im Folgenden einige Untersuchungen mit, welche erste Anfänge zu Forschungen über Kalkstoffwechsel bei Gastropoden darstellen und die gelegentlich bei Untersuchungen über Resorption und Phagocytose gewonnen wurden. Sie behandeln die Morphologie, Bildung und Lösung des Kalkes im Bindegewebe und in der Mitteldarmdrüse bei *Natica* und *Murex*. Die Untersuchungen wurden teilweise noch 1913 an der Zoologischen Station zu Neapel, teilweise im Felde 1916 ausgeführt. Leider muß ich, durch die kriegesischen Ereignisse gezwungen, darauf verzichten, die Literatur über Gastropodenkalk erschöpfend anzuführen. Ich werde dies später nachholen.

Herrn Prof. Dr. F. BLOCHMANN, meinem hochverehrten Lehrer, bin ich für freundliche Kritik auch dieser Arbeit aufrichtigen Dank schuldig, desgleichen Herrn Prof. Dr. TUBANDT für eine liebenswürdige Auskunft.

Das Gehäuse der Prosobranchier *Murex brandaris* und *Natica millepunctata* besteht fast ausschließlich aus kohlensaurem Kalk in einer wasserunlöslichen Form mit ganz geringen Mengen Eisen, Magnesia und organischer Substanz.¹⁾ Dieses Gehäuse wird gebaut

sulfat, Natriumnitrat usw. bei einigen Meerestieren nicht wahrscheinlich ist (vgl. HÖBER, Physik. Chemie der Zelle und Gewebe, 4. Aufl., 1914, p. 625).

1) Nachträglich entdeckte ich bei BÜTSCHLI (Untersuchungen über organische Kalkgebilde, in: Abh. Ges. Wissensch. Göttingen, math.-physik. Kl.,

durch Ausfällen des Kalkes aus einem Secret, welches besondere Secretzellen des Mantelrandes ausscheiden.

Wahrscheinlich decken diese Zellen ihren Kalkbedarf aus der sie umgebenden Körperflüssigkeit, und diese könnte ihren Bestand aus jenen Kalkmengen wieder ergänzen, die der Organismus an anderen Körperstellen in merkwürdiger Menge niederschlägt (vgl. S. 226). Und zwar kämen dafür zwei Stellen in Betracht: erstens das Bindegewebe im ganzen Körper, zweitens die Kalkzellen in der Mitteldarmdrüse. Beide habe ich bei *Murex* und *Natica* untersucht. Sie zeigen Verschiedenheiten in ihrem morphologischen und physiologischen Verhalten. *Pterotrachea* und *Pleurobranchaea* dagegen besitzen weder in der Mitteldarmdrüse noch im Bindegewebe Kalkzellen.

1. Der Bindegewebskalk.

Wenn man die Mitteldarmdrüse der *Natica* frisch auf dem Objektträger in Meerwasser fein zerzupft, so sieht man weiße, baumartig verzweigte Linien durch die bräunliche Masse des Drüsen-

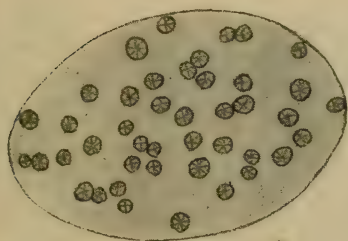


Fig. A. *Natica*.

Mitteldarmdrüse frisch zerzupft.
Blasenförmiger Hohlraum mit radiär-
gestreiften Kalkkugeln.

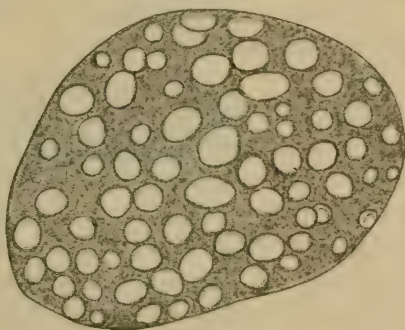


Fig. B. *Natica*.

Mitteldarmdrüse frisch zerzupft.
Blasenförmiger Hohlraum mit homo-
genen Kalkkugeln. 950:1.

gewebes laufen. Diese stellen Bindegewebe dar, das dicht erfüllt ist mit rundlichen Nestern weißglänzender Gebilde; und zwar sind zwei Arten Gebilde in verschiedenen Nestern zu unterscheiden: erstens helle Kugeln mit radiärer Streifung: Sphärokrystalle¹⁾ (Fig. A)

N. F. Vol. 6, 3, 1908) nähere Angaben: CaCO_3 96,55, MgCO_3 eben Spur, organ. Substanz 0,02, H_2O 1,20, Fl_2O_3 Spur, P_2O_5 etwas.

1) Deren vergleichende Schilderung s. BIEDERMANN, Physiol. d.

und zweitens noch hellere homogene Kugeln (Fig. B). Beide zerbrechen leicht, wenn man stark auf das Deckglas drückt, und sind dadurch von Flüssigkeitsblasen (s. unten) deutlich unterschieden. Der Durchmesser der beiden Kugelgebilde beträgt etwa $2\ \mu$; die homogenen erscheinen meist etwas größer. Sie liegen jede in verschiedener Anzahl (etwa 10—100) und verschiedener Größe zusammengeschlossen in einer Hülle von äußerster Feinheit mit einem normalen Durchmesser von $24\text{--}30\ \mu$.

Zwischen den festen Gebilden liegt eine plasmaartige Substanz (S. 222); sie erscheint als sehr feinkörnige bis fädige Masse und ist zwischen den homogenen Kugeln stärker ausgebildet als zwischen den radiärgestreiften, bei denen sie selten deutlich zu sehen ist.

Dasselbe Bild zeigt sich beim Zerzupfen aller von mir untersuchten Organe bei *Natica hebraea* und *millepunctata*. In der zerzupften großen Vorderdarmdrüse erkennt man schon mit bloßem Auge die Nester heller, homogener Kugeln, unterschieden von denen mit dunkleren, radiärgestreiften. Ebenso in dem zerzupften Fußmuskel.

Paraffinschnitte wurden zur Feststellung der Lage dieser Kugeln mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt.

Zur Klärung dieser Befunde ist eine Übersicht über die Histologie des Bindegewebes erforderlich, ohne daß ich in dieser Arbeit das Bindegewebe erschöpfend darstellen will. Seinem Bau und seiner Arbeit nach sind zwei Arten Bindegewebe zu unterscheiden; erstens die langgestreckten Fasern zur Verbindung und Grundlage der Organe: das Stützgewebe. Zweitens die rundlichen Gebilde zum Speichern von festen und flüssigen Stoffen: das Speichergewebe. Nehmen wir als Beispiel die große Vorderdarmdrüse von *Natica* (Fig. C). Die Secretzellen sitzen in rechtem Winkel auf langen Bindegewebssträngen, dem Stützgewebe, welches aus feinen Fasern zusammengelegt ist und dünne, spindelförmige Kerne besitzt. Meist sitzen die Secretzellen diesen Fasern direkt auf; hin und wieder aber treten zwischen die Reihe der Secretzellen und Fasern zwei Arten anderer Zellen: solche mit verzweigten und solche mit deutlich abgerundetem Plasmaleib. Im Gegensatz zu den Fasern haben beide Zellformen runde Kerne; beide vermögen flüssige Stoffe

zu resorbieren und feste zu phagocytieren, wie ich im 3. Teil dieser Arbeit darlegen werde; sie sind von LEYDIG zum ersten Male beschrieben worden¹⁾, der sie Binde-substanzzellen nennt und anführt, daß „Kalkkörper die ganze Zelle so ausfüllen, daß die Zellmembran erst erkannt wird, wenn nach Anwendung von Säure der Kalk gelöst ist“. BIEDERMANN

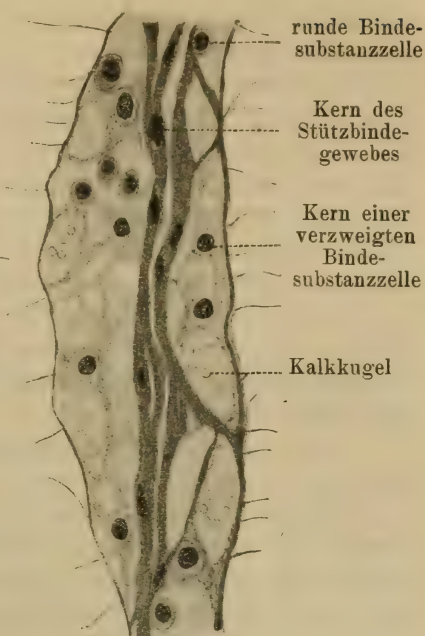


Fig. C. *Natica*.

Große Vorderdarmdrüse. Bindegewebe. Sublimat. Paraffin. Hämatoxylin-Eosin.

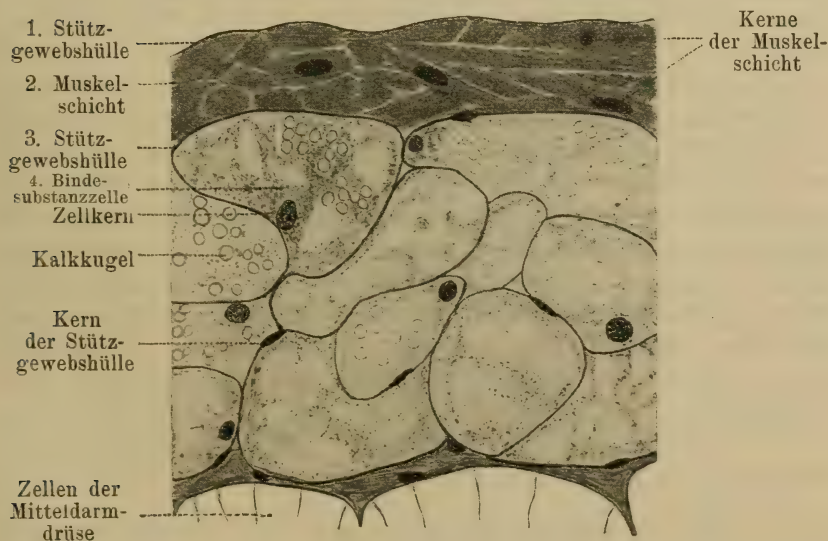


Fig. D. *Natica*.

Mitteldarmdrüse, Bindegewebe. Sublimat. Paraffin. Hämatoxylin-Eosin. 950:1.

1) In: Z. wiss. Zool., Vol. 2, 1850, p. 151.

u. MORITZ¹⁾ haben bei *Helix* eine Glycogen- und Fettspeicherung in diesen Zellen beobachtet.

Die Zellen mit verzweigtem Plasmaleib lassen zwischen sich. den Fasern und Secretzellen weite, rundliche Hohlräume entstehen von wechselnder Größe. An der Bildung dieser Hohlräume können sich auch Abzweigungen der Fasern mit spindelförmigem Kern beteiligen; diese Hohlräume stellen ein blasiges Gewebe dar, dessen flüssiger Inhalt wahrscheinlich dem Stofftransport dient und welches außerdem Kalk in reicher Menge birgt.

In der Mitteldarmdrüse (Fig. D) ist das Bindegewebe besonders deutlich ausgebildet. Die Drüse, bestehend aus einzelnen Acini, die durch Bindegewebshäute getrennt sind, ist umgeben (in der Richtung von außen nach innen):

1. von einer dünnen Stützgewebshülle mit feinen spindelförmigen Kernen.

2. von einer dicken Schicht Fasern, welche den Eindruck von Muskeln erwecken, was am lebenden Tier durch das Beobachten von Bewegungen der Drüsenoberfläche bestätigt wird.²⁾ Besonders bei *Murex* ist die Muskelhülle gut ausgebildet. Die Kerne sind länglich mit abgerundeten Ecken, nicht spitz spindelförmig. Die Fasern verlaufen nach allen Richtungen in 3—4 Schichten übereinander.

3. Die Masse der Muskelfasern wird eingehüllt durch feine Stützgewebshäute mit spindelförmigem Kern; diese senden nach innen (und häufig auch nach außen) Ausläufer aus, die, im Bogen verlaufend, ein weitmaschiges Netzwerk bilden. In diesem Netzwerk sitzen die verzweigten Bindesubstanzzellen. Senden die Stützgewebfasern auch nach außen Ausläufer, so sah ich sie nur unverzweigt bis zur äußersten Bindegewebshülle verlaufen, so daß eine einzige Reihe von Blasen außerhalb der Muskelschicht entstand. Mir scheinen diese Blaszellen auch eine mechanische Bedeutung als ein chordoides Stützgewebe zu besitzen: durch ihre Membran und ihren Turgordruck.

4. Unregelmäßig sind beide Arten Bindesubstanzzellen den blasenförmigen Hohlräumen ein- und angegliedert. Die verzweigten

1) Über die Funktion der sogenannten Leber der Mollusken, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 75, 1899, p. 9, 28.

2) Dasselbe gibt an BARFURTH (in: Arch. mikrosk. Anat., 1883, Vol. 22, p. 479) für *Arion* und BIEDERMANN (in: Arch. ges. Physiol., Vol. 75, 1899, p. 64) für *Helix*.

bilden gelegentlich ein ausgebreitetes Syncytium, in welchem Zellgrenzen nur noch schwach erkennbar sind (wie bei Turbellarien). Die runden dagegen erscheinen stets isoliert. Ich halte es für wahrscheinlich, daß die runde oder verzweigte Plasmaform kein wesentlicher Unterschied ist, daß beide Gebilde vielleicht identisch sind, wie sie auch beide phagocytieren. Darüber Näheres im dritten Teil.

So werden alle Teile der Mitteldarmdrüse durch Bindegewebe von verschiedener Differenzierung gegeneinander abgesondert; der Magen und der Darm sind von einer mehrreihigen Schicht blasenförmiger Hohlräume umgeben. Die Acini dagegen werden nur durch feine Häute umhüllt und gegeneinander abgegrenzt, welche wenige spindelförmige Kerne besitzen und beim Zusammenstoßen dreier Acini Zwickel bilden, die durch blasenförmige Hohlräume und beide Arten Bidesubstanzzellen ausgefüllt werden.

Eine Eigentümlichkeit dieses Bindegewebes ist die Bildung von sepiafarbenem Pigment (Melanin)¹⁾; dieses ist in unregelmäßigen Schollen und Brocken teils zu Haufen in dem verzweigten Bidesubstanzzellen abgelagert, teils liegt es in den gesamten Bindegewebe verstreut. Es begleitet die Hüllen um die Acini herum als Haufen in Wurstform gelagert und liegt auch reichlich im Randbindegewebe der Drüse. Es ist wohl mit Schuld an der braunen Farbe der Mitteldarmdrüse.

Für unsere Betrachtung besonders wichtig ist das Bindegewebe, welches die Gefäße der Mitteldarmdrüse bildet und sie umgibt (bei *Murex* gut zu sehen) (Fig. E). Als Gefäße bezeichne ich Kanäle, die von Bindegewebssträngen (Muscularis²⁾) gebildet werden. Diese Stränge laufen in mehreren Schichten zumeist in der Längsrichtung des Kanals, aber auch ringförmig oder spiralig ihn umfassend. Sie senden (wie die Muskelhülle der Drüsenoberfläche) bindegewebige Ausläufer nach außen (bindegewebige Adventitia²⁾), welche 2—3

1) Färbung mit polychromem Methylenblau, entfärbt mit konzentrierter Tanninlösung ergibt hellgrüne Farbe des Pigmentmelanins (v. KAHLDEN- v. GIERKE, Technik, p. 93).

2) BARFURTH, in: Arch. mikrosk. Anat. 1883, Vol. 22, p. 481 für *Arion*. B. sagt hier für *Arion*, daß „die Wände der Arterien ihre Selbstständigkeit aufgeben und mit den umliegenden Gewebe verschmelzen. Weil somit eigentliche Kapillaren fehlen, ergießt sich das Blut frei in die Spalten zwischen den Follikeln, gelangt dann als venöses Blut in den die ganze Leber umgebenden Blutsinus und von dort in die mit dem Sinus kommunizierenden Venenwurzeln.“ Das ist ernährungsphysiologisch recht interessant.

Reihen Lacunen bilden. Im Innern der Kanäle ist auf Paraffinschnitten ein Gerinnseelniederschlag zu sehen, welcher vielleicht von dem Hämocyanin des Gastropodenblutes her stammt. Die Gefäßwand hat die üblichen spindelförmigen und wurstförmigen Kerne; die letzten lassen in Analogie zur Drüsenoberfläche die Vermutung zu, daß diese Gewäßwände kontraktile sind. Im Innern des Kanals liegen kleine runde Kerne mit undeutlichem Plasma frei im Kanal oder der Wand angelehnt; sie stellen vermutlich Kerne jener Blutzellen dar, wie sie bei *Helix* beschrieben wurden (Amöbocyten).

In den blasenförmigen Hohlräumen um die Gefäße herum ist Kalk in besonders großer Menge abgelagert (Fig. E), während er im Bindegewebe um den Darm herum bedeutend seltener ist. Dies ist entweder ein Fingerzeig für einen physiologischen Zusammen-

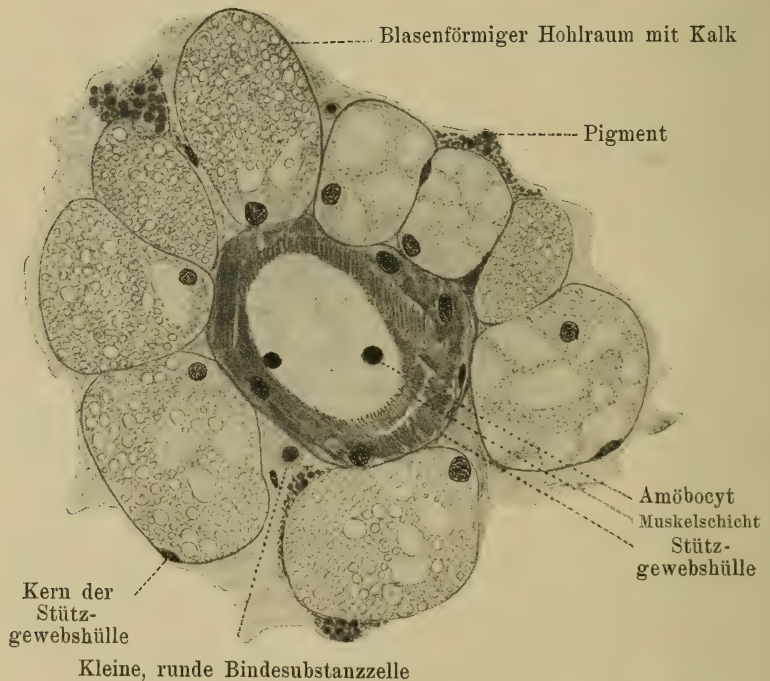


Fig. E. *Murex*.

Mitteldarmdrüse. Kalk in den blasenförmigen Hohlräumen um ein Gefäß herum. Sublimat. Paraffin. Hämatoxylin-Eosin. 950:1.

hang zwischen Kalk und Gefäßinhalt (S. 226), oder der Kalk im Darm und am Rande der Drüse wurde, im Gegensatz zu dem Kalk um die Gefäße, durch Sublimatkonservierung und weitere wässrige Behandlung zumeist herausgelöst. Bei Hämatoxylinfärbung sind Gefäße an der tiefblauen Färbung dieses Kalkes schon mit schwacher Vergrößerung gut sichtbar. Ich habe diese Verhältnisse vor allem bei *Murex* studiert, da in meinen *Natica*-Präparaten sich der Kalk leider zumeist gelöst hatte.¹⁾

Die Hohlräume platten sich gegenseitig polyedrisch ab. Sie werden gebildet von Bindegewebsfasern mit spindelförmigem Kern und verzweigten Binesubstanzzellen mit rundem Kern. Es macht oft den Eindruck, als bildeten die Fasern eine Hülle wie die Cellulosemembran bei pflanzlichen Zellen, als läge dieser innen ein verzweigter Phagocyt als Plasmabelag an; so ergeben sich Bilder wie eine Parenchymzelle.²⁾ Binesubstanzzellen mit rundem Kern sah ich nur in den Zwickeln zwischen den Lacunen liegen. Das Innere eines solchen Hohlraumes ist erfüllt von milchglasartig aussehenden Kugeln verschiedenster Größe, die alle zu einer kompakten Masse verkittet sind durch ein fädiges Geflecht, das sich mit Hämatoxylin stark blau färbt. Die Kugeln selbst färben sich nicht blau, heben sich im Gegenteil weißlich vom dunkelblauen Untergrunde ab; je mehr fädige Kittmassen vorhanden, desto blauer erscheint das Ganze.

Die Größe der Kugeln schwankt; die kleinsten haben einen Durchmesser 2—2 $\frac{1}{2}$ μ . Bei den größeren ist auf dem optischen Querschnitt deutlich eine Randzone zu sehen, die mit Hämatoxylin eben angedeutet ist und den Eindruck einer Plasmahaut macht. Die Untersuchungen über Lösung der Kalkkugeln unten werden die Annahme einer solchen Plasmahaut bestätigen.

Auch die Form der einzelnen Kugeln ist verschieden; die kleinen sind durchweg gleichförmig: etwas bläulich, milchglasartig homogen. Die großen dagegen zeigten mir drei verschiedene Formen (Fig. F):

1. Intakte Kugeln verschiedener Größe (durchschnittlich 2 $\frac{1}{2}$ μ) milchglasartig; der Rand ist stark gebläut; gesamt sind sie etwas angebläut, vom tiefblauen Kittgewebe leicht verdeckt.

1) Ich werde mich bei weiteren Kalkstudien einer Fixierung bedienen, welche den Kalk unlöslich niederschlägt.

2) Worauf schon BIEDERMANN (in: Arch. ges. Physiol., Vol. 75, p. 8) hinweist.

2. In einem hellen Hof liegt die Kugel in mehr oder weniger korrodiertem Zustande. Der Hof hat einen Durchmesser von $6-8\ \mu$ und ist gegen die Umgebung deutlich durch eine mit Hämatoxylin angedeutete Hülle abgegrenzt. Aus später darzulegenden Gründen nenne ich diesen Typ den „Schwellungshof“. ¹⁾

3. Es ist nur der Hof, ohne einen Innenkörper, zu sehen. Die Hülle ist deutlich: Typ der „Flüssigkeitsblase“.

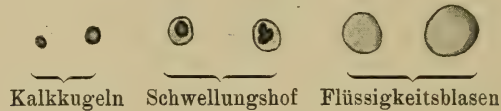


Fig. F. *Murex*.

Die drei Erscheinungsformen des Kalkes in den blasenförmigen Hohlräumen um die Gefäße der Mitteldarmdrüse herum.

Stehen diese 3 Formen in einem genetischen Zusammenhang, so gibt es nur zwei Möglichkeiten: der Hof ist entweder ein Lösungshof oder eine Bildungsvacuole. Wir werden die Frage S. 215 lösen.

Die chemische Zusammensetzung der Kugeln im Bindegewebe konnte ich nicht ganz exakt prüfen; es ist jedoch äußerst wahrscheinlich, daß es sich um Dicalciumphosphat CaHPO_4 handelt. Ich habe die Kalkkugeln der frischen Tiere durch Kalilauge isoliert und dann mit Salpetersäure und Ammoniummolybdat den Phosphor und durch Schwefelsäure das Calcium nachgewiesen (Bildung von Calciumsulfatkrystallen) ²⁾. Da die Calciumphosphatkugeln in destilliertem, gekochtem Wasser löslich sind (s. unten), so wird es sich wahrscheinlich um Diacalciumphosphatkugeln handeln ³⁾, falls sich nicht eine kompliziertere Bindung organischer Stoffe mit Kalk und Phosphor nachweisen läßt. Jedoch halte ich es für wahrscheinlich, daß die radiärgestreiften Kugeln bei *Natica* aus einem anderen Kalk bestehen. Es ist bekannt, daß *Helix* in ihren Kalkzellen der

1) Ich muß hierbei bemerken, daß dieser Typus eine Bildähnlichkeit besitzt mit den von BIEDERMANN bei der Bildung von Kalkprismen beobachteten Kalkformen (Lamellibranchier) und mit denen, welche dieser Gelehrte künstlich durch eine Mischung von CaCl_2 , Na_2CO_3 und Na_3PO_4 erhielt (BIEDERMANN, *Physiol. d. Stütz- u. Skelettsubstanzen*, in: WINTERSTEIN, *Handb. vergl. Physiol.*, Vol. 3, Abt. 1 [1913], p. 706, 713).

2) BEHRENS, *Mikrochemische Analyse*, 1895, p. 68.

3) DAMMER, Vol. 2, 2, p. 319.

Mitteldarmdrüse Tricalciumphosphat ablagert und auch ihre Schale zuerst aus phosphorsauren Kalken bildet, die dann offenbar in kohlensauren umgewandelt werden müssen.¹⁾

2. Der Secretkalk.

Die zweite Kalkablagerungsstätte befindet sich bei *Murex* und *Natica* (wie bei *Helix*) in Kalkzellen, welche in den Acini neben den Secret- und Resorptionszellen sitzen. Die Verhältnisse der Mitteldarmdrüse beider Tiere bringen es mit sich, daß das histologische Bild nur schwer deutbar ist. Bei Fixierung mit FLEMMING, isot. Lösung H²⁾ und Sublimat (letztes zumeist, bei Stufenuntersuchungen immer angewandt) verschwinden die Zellgrenzen meist vollständig: eine ungeordnete Menge von Plasmamassen liegt gemengt mit Kalk an den Rändern der Acini.

Ich habe Stufenuntersuchungen angestellt, um die Bildung des Kalkes zu sehen; ich spreche unten näher davon im Verhältnis zur Verdauungszeit. Hier führe ich zunächst das Allgemeine, für diese Kalkzellen Typische an, was sich jedoch nicht an allen Präparaten und auf allen Bildungsstufen gleichmäßig findet.

Es ist merkwürdig, daß die Kalkzellen an denjenigen Rändern der Acini häufig sind, welche an die kalkgefüllten Zwickel grenzen. Die Kalkzellen haben eine breite Basis und verzüngen sich vorn. Der dem Bindegewebe zu sitzende Kern hat ein dichtes Chromatinnetz, ist länglich bis halbmondförmig gekrümmt und mit der konvexen Seite dem Bindegewebe zu gelagert. Die Zelle besitzt auf bestimmten Entwicklungsstufen (s. unten) ein feinfädiges Plasma, das sich mit Hämatoxylin stark färbt. Die Kalkkugeln erfüllen die Zelle fast ganz und zeigen dieselben drei Typen wie der Bindegewebskalk (Fig. F):

1. Intakte Krystalle, denen des Bindegewebes ähnlich. Ihr Rand ist mit Hämatoxylin dunkelblau gefärbt.

2. Der Schwellungshof, der verschiedene Ausdehnung haben kann.

1) BIEDERMANN, Physiol. d. Stütz- u. Skelettsubstanzen, in: WINTERSTEIN, Handb. vergl. Physiol., Vol. 3, Abt. 1, p. 709. — BARFURTH (in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 22, 1883, p. 497) gibt an, daß der Bindegewebskalk bei *Arion* aus kohlensaurem, der Kalk in den Zellen der Acini aus phosphorsaurem Kalk bestünde.

2) Isotonische Lösung für Neapler Seewasser nach DEKHEUZEN (SCHULZ): 25 g K_2CrO_4 in 1000 ccm Seewasser, 80 ccm 3% HNO_3 , 228 ccm Süßwasser der Leitung.

Er umgibt den dunklen Innenkörper und ist nach außen durch eine dünne Haut abgegrenzt. Der Innenkörper ist oft deutlich korrodiert, gelegentlich nur als feiner Punkt sichtbar.

3. Die Flüssigkeitsblase, eine helle Kugel, ist bei Hämatoxylinfärbung ganz schwach blau. Ihre Hülle ist sehr fein.

Chemische Untersuchungen am isolierten Kalk habe ich nicht angestellt. Auf Schnitten waren die intakten Krystalle wie die Innenkörper der Schwellungshöfe schnell in dünner HCl, in destilliertem Wasser dagegen nur sehr langsam löslich.

3. Das Verhältnis des Kalkes zur Verdauungszeit.

Um Aufklärung über die Bildung des Kalkes und seine Bedeutung im Organismus zu bekommen, ist es nötig, die Zellen auf verschiedenen Arbeitsstufen¹⁾ zu beobachten. Stehen Kalkaufbau und -abbau an beiden Ablagerungsstätten in physiologischer Verbindung mit dem Schalenbau, so können die Tiere durch teilweise Vernichtung ihrer Schale und den notwendigen Ersatz zum Aufbrauch der Kalkreserven gezwungen werden. Solche Versuche sind im Gange im Anschluß an BIEDERMANN's Untersuchungen bei *Helix*. Stehen aber die Kalkreserven in Verbindung mit der Verdauung — worauf die Lage des Sekretkalkes in den Acini hinweist —, dann müssen sie während der Verdauung Veränderungen durchmachen.

Um diese Möglichkeit zu prüfen, untersuchte ich in Parallelserien die Mitteldarmdrüse von *Murex* bei Hungertieren und 2, 3 $\frac{1}{2}$, 5, 10, 12, 24 Stunden und 2, 3, 4 Tage nach der Nahrungsaufnahme (Paraffinschnitte²⁾). Die Freßtiere hungerten vorher 10 Tage und wurden dann die bestimmte Zeit nach dem Fressen in Sublimat fixiert.

Der Bindegewebskalk zeigt auf den Untersuchungsstufen verschiedene Bilder: das Verhältnis der Anzahl mit Kalk gefüllter und ungefüllter Hohlräume schwankt, die Größe der Kugeln ist verschieden, die drei Erscheinungsformen kommen nicht in jedem Präparat jeder Stufe vor; aber eine Periodizität, eine Regelmäßigkeit im Auftreten, d. h. eine Beziehung zur Verdauung, ist nicht zu

1) Über die gedanklichen Grundlagen dieser Methodik s. Teil 1, in dieser Zeitschrift, Vol. 35 (1915), p. 395.

2) Es erscheint notwendig, auch mit anderen Fixierungs- und Einbettungsmitteln sowie an frischen Zupfpräparaten diese Stufenuntersuchungen zu wiederholen, was ich leider wegen des europäischen Krieges nicht mehr konnte. Dieser Abschnitt 3 ist daher „vorläufige Mitteilung“.

beobachten. Die allgemeine Erscheinung ist (Fig. E): nicht alle Hohlräume enthalten Kalk, fast stets sind einzelne nur mit der fädigen hämatoxylinblauen Kittmasse erfüllt, die wieder runde Löcher (Vacuolen) umgibt. Die mit Kalk erfüllten zeigen meist Kalkkugeln von mittlerer Größe, kleine und große sind seltener; die am häufigsten beobachtete Form ist die erste: milchglasartig homogen; größere Kugeln besitzen meist den Schwellungshof.

Der Secretkalk dagegen zeigt folgende merkwürdige Veränderung seines Bildes:

Bei Hungertieren (Fig. G) ist die Gesamtzahl der Kalkkörper sehr groß. Im Querschnitt eines jeden Acinus liegen 3—5 Nester zu 8—20 Kalkkörpern. Eine gemeinsame Hülle, welche sie zusammenhält, oder eine Kittmasse, welche sie verbindet, sind nicht

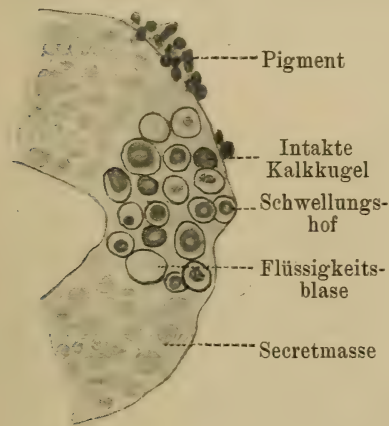


Fig. G. *Murex*.

Mitteldarmdrüse. Secretkalkzelle des Hungertieres. Sublimat. Paraffin. Hämatoxylin-Eosin. 950:1.

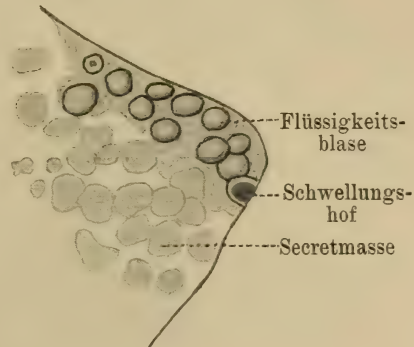


Fig. H. *Murex*.

Mitteldarmdrüse. Secetkalk. 3½ Std. nach Nahrungsaufnahme. Sublimat. Paraffin. Hämatoxylin-Eosin. 950:1.

zu entdecken. Die lose beieinanderliegenden Kugeln zeigen alle drei Erscheinungsformen (S. 208). Die intakten Kugeln und die Flüssigkeitsblasen sind jedoch selten, recht häufig die Schwellungshöfe mit Innenkörpern.

2 Stunden nach der Nahrungsaufnahme: die Gesamtzahl der Kalkkörper ist stark zurückgegangen; vielfach sieht man an denjenigen Stellen der Acini (in der Nähe der Zwickel), wo sonst die Kalkkugeln stark vertreten sind, nur helle Stellen; die wenigen er-

kennbaren Kalkkörper sind Flüssigkeitsblasen mit hämatoxylinblauer Membran oder noch seltener Schwellungshöfe mit geringen Innenkörpern.

3 $\frac{1}{2}$ Stunden nach Nahrungsaufnahme (Fig. H): ebenfalls ist die Gesamtzahl sehr gering, fast nur Flüssigkeitsblasen.

5 Stunden nach Nahrungsaufnahme (Fig. J): es zeigt sich ein ganz anderes Bild in allen Parallelversuchen: die Zellen, welche die Kalkkörper zusammenhalten, sind durch die starke Blaufärbung eines hier zum ersten Male auftretenden Kittplasmas sehr deutlich von den Secretzellen geschieden! Die Kittmasse ist stark und umgibt mit feinen hämatoxylinblauen Fasern und Körnern eine Menge Kalkkugeln, welche zu einer dichten Traube vereint sind; dies sind fast nur kleine intakte Kugeln, welche bei Hämatoxylinfärbung von der Kittmasse fast verdeckt werden. Schwellungshöfe sind selten. Auch der Zellkern ist deutlicher und größer als auf anderen Stufen und zeigt einen auffallend großen Nucleolus.

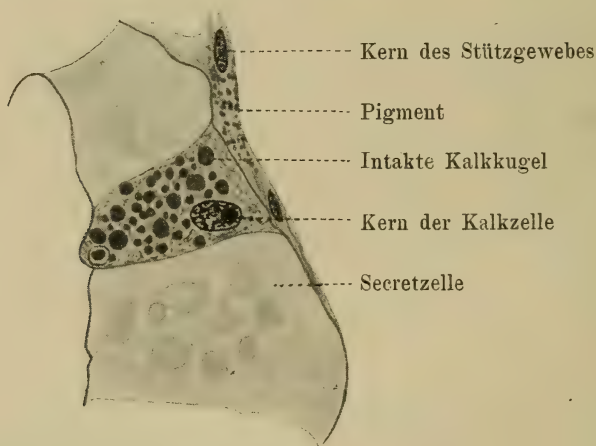


Fig. J. *Murex*.

Mitteldarmdrüse. Secretkalk. 5 Std. nach Nahrungsaufnahme.
Sublimat. Hämatoxylin-Eosin. 950:1.

10 Stunden nach der Nahrungsaufnahme: die Kalkzellen sind nicht so deutlich ausgeprägt wie auf der vorigen Stufe, weil nur geringe Mengen fädigen Kittplasmas vorhanden sind. Die Kerne sind groß und besitzen einen Nucleolus. Die Kalkkörper sind alle intakte

Kugeln, aber von wesentlich größerem Durchmesser als 5 Stunden nach der Nahrungsaufnahme. Schwellungshöfe sind sehr selten.

12 Stunden nach der Nahrungsaufnahme: die Kittmasse ist vorhanden, aber nicht stark. Inmitten dieser geringen Masse liegen intakte Krystalle, Schwellungshöfe und Flüssigkeitsblasen, die sich als helle Höfe herausheben; das Bild ähnelt dem des Hungertieres in der Zusammensetzung der Formen, unterscheidet sich aber durch die Anwesenheit hämatoxylinblauen Plasmakittes.

24 Stunden nach Nahrungsaufnahme: die Gesamtzahl und die Zusammensetzung nach Formen ist wie beim Hungertier; die Kittmasse ist sehr selten.

2, 3, 4 Tage nach Nahrungsaufnahme erscheint dasselbe Bild des Hungertieres, ohne sich wesentlich zu verändern. Ein weiterer rhythmischer Wechsel ist also nicht erkennbar, wenn auch die Zusammensetzung der drei Erscheinungsformen etwas schwankt.

Es läßt sich also in mehreren Parallelversuchen folgendes feststellen:

Im Gegensatz zum Hungertier ist der Sekretkalk 2—3 Stunden nach Nahrungsaufnahme nur in ganz geringen Mengen zu beobachten; beim Hungertier, wie besonders 10 Stunden bis 4 Tage nach Nahrungsaufnahme, ist er dagegen häufig.

5 Stunden nach Nahrungsaufnahme tritt in den Kalkzellen zwischen den Kalkkörpern eine starke hämatoxylinblaue Kittmasse auf, welche auf weiteren Stufen parallel der Bildung von Kalkkörpern allmählich bis auf wenige Reste verschwindet.

Die drei Erscheinungsformen kommen auf fast allen Stufen vor; es ist jedoch auf den Parallelversuchen übereinstimmend nachzuweisen, daß überwiegen

beim Hungertier die Schwellungshöfe,

2 und 3 Stunden nach der Nahrungsaufnahme die Flüssigkeitsblasen,

5 und 10 Stunden nach der Nahrungsaufnahme die intakten Kugeln,

12 Stunden bis 4 Tage nach der Nahrungsaufnahme die Schwellungshöfe.

Ich bitte mit diesen Tatsachen die von mir in Neapel gemachten Beobachtungen zusammenzuhalten¹⁾: im Magen von *Murex* finden

1) Teil 1, Vol. 35 dieser Zeitschrift (1915), p. 429.

sich beim Hungertier wenig Kalkkugeln, 2 Stunden nach Nahrungsaufnahme mehr, 3 Stunden sehr viel, 24 Stunden sehr wenig. Leider habe ich damals die Erscheinungsformen des Kalkes nicht beobachtet, sondern nur durch genannte chemische Reaktionen seine Identität mit dem Kalk im Innern der Zellen festgestellt.

Die Tatsachen: erstens der Secretkalk ist 2—3 Stunden nach Nahrungsaufnahme in den Acini kaum mehr nachweisbar; zweitens: es tritt Kalk im Magen in der Zeit von 2—3 Stunden nach Nahrungsaufnahme gehäuft auf — diese 2 Tatsachen scheinen mir in Beziehung zu stehen. Es stimmt ferner die beobachtete Ausscheidungszeit des Kalkes mit der chemisch aus der Mitteldarmdrüse ohne Magen gewonnenen Kurve des Verdauungssaftes überein¹⁾: die Verdauungskraft der Mitteldarmdrüse steigt in der Zeit vom Hungertier bis $\frac{1}{2}$ Stunden nach Nahrungsaufnahme, um allmählich von $\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden herabzusinken, in welcher Zeit also das Ferment aus der Drüse verschwindet; hier erreicht die Kurve den Nullpunkt, auf dem sie verharret. So ist es sehr wahrscheinlich, daß der Kalk in den Acini zusammen mit den Secreten 2—3 Stunden nach Nahrungsaufnahme ausgestoßen wird und sich so in den Magen ergießt. Daher nenne ich ihn Secretkalk.

4. Die Bildung und osmotische Lösung des Kalkes.

Über die Bildung des Secretkalkes läßt sich aus obigen Stufenuntersuchungen einiges angeben. Der Kalk wird in besonderen Zellen der Acini gebildet, deren Kern zur Zeit der Bildung heller und umfangreicher erscheint und mit 1—2 Nucleoli versehen ist. Das Plasma ist zur selben Zeit besonders stark fädig, krümelig und mit Hämatoxylin färbbar. Es ist wahrscheinlich, daß diese Substanz mit der Kalkbildung zusammenhängt; je mehr Kalk in einer Zelle sich befindet, desto weniger Plasma. Der Kalk selbst entsteht als feinsten, mattleuchtenden Punkt auf der fädigen Masse, das Volumen dieser Kugel nimmt allmählich zu, bis ein Maximum erreicht ist von ca. 3μ Durchmesser. Dann füllen die Kalkkugeln die ganze Zelle traubenartig aus, und die plasmatische Masse ist fast verschwunden.

Es ist wahrscheinlich, daß der Bindegewebskalk sich ebenso bildet; es sind in vielen Präparaten die gleichen Bilder zu sehen. Aufklärung können nur andere Arbeitsstufen geben.

1) Teil 1, Vol. 35 dieser Zeitschrift (1915), p. 422.

Obige Versuche machen es wahrscheinlich, daß der Secretkalk in den Magen ausgestoßen wird; vielleicht wird er daneben noch gelöst, so wie die Secretkugeln bei *Pleurobranchaea* auch teils gelöst, teils ausgestoßen wurden. Ein Ausstoßen oder Transportieren des Bindegewebskalkes in dieser Form jedoch erscheint unmöglich, da er in die bläschenförmigen Hohlräume des Bindegewebes eingeschlossen ist, wie frische Zupfpräparate ja zeigen. Dient der Kalk nun als Stützskelet, so wird er meist unlöslich sein; dient er jedoch als Kalkreserve für den Schalenbau oder für einen anderen Zweck, so muß der Kalk löslich sein. Dies ist nun der Fall. Und zwar stellen die beobachteten Erscheinungsformen „Schwellungshof“ und „Flüssigkeitsblase“ Auflösungsformen dar, wie sich aus folgenden Beobachtungen und Versuchen ergibt:

Ich konnte zunächst im Fußschleim von *Natica*, den ein Tier, welches ich durch Kratzen des Fußes gereizt hatte, in reicher Menge ausgab, dieselben oben besprochenen Kalknester mit äußerst feiner Hülle entdecken. Sie enthielten aber nicht jene normalen Kalk-



Fig. K.

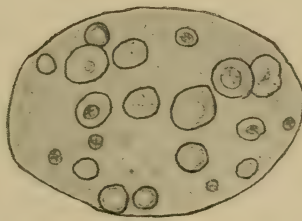


Fig. L.

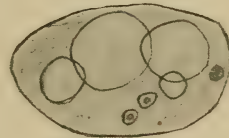


Fig. M.

Fig. K. *Natica*. Fußschleim. Kalkblasen in Lösung. 950:1.

Fig. L. *Natica*. Kalkzelle nach 2stündiger Einwirkung von 5%iger Na_2CO_3 . Die dunklen Kugeln lösen sich sichtlich in einer Vacuole. Übergangsstadien von Kalkkugeln zu Kalkblasen. 950:1.

Fig. M. *Natica*. Kalkblasen nach mehrstündiger Einwirkung von 0,2%iger Sodalösung. 950:1.

gebilde, sondern etwas heller leuchtende Flüssigkeitsblasen, die den 5–7fachen Durchmesser normaler Kalkkugeln hatten und durch starken Deckglasdruck nicht zerbrachen, sondern zerplatzten. Im Innern trugen die Blasen in einigen wenigen Fällen einen etwas dunkleren Innenkörper von kleiner, unregelmäßiger Gestalt (Fig. K).

Zu meinem Erstaunen erhielt ich ganz ähnliche Bilder, wenn ich die normalen Kalknester (S. 201) 2 Stunden in eine 5%ige Lö-

sung von Na_2CO_3 umgeben von einer feuchten Kammer legte (Fig. L): es hatte sich um viele radiärgestreifte Kugeln ein deutlicher, heller Hof gebildet, der gegen die Umwelt mit einer feinsten Haut abgegrenzt zu sein schien und den Durchmesser eines solchen Krystalls verdoppelte bis verdreifachte. In einigen Fällen waren Kalkgebilde nicht mehr zu sehen: eine helle Blase mit Flüssigkeit erfüllt schien an ihre Stelle getreten, eingebettet in eine Hülle von normaler Größe zusammen mit intakten Krystallen und solchen mit Schwellungshof. Außerdem fanden sich auch Nesthüllen ohne festen Inhalt mit Flüssigkeit gefüllt.

Nach einer mehrstündigen Einwirkung von 0,2% Sodalösung hatte sich in einem Nest der Durchmesser von 3 homogenen Kalkkrystallen um das 3—4fache vergrößert; die Kugeln waren statt mit fester Substanz mit Flüssigkeit gefüllt; 3 andere hatten die normale Größe behalten (Fig. M). Eine Kontrolle mit Seewasser zeigte keine Veränderung.

Diese Beobachtungen führten mich zu systematischen Versuchen mit Lösungen verschiedenen osmotischen Druckes.¹⁾

Ein Stück der großen Vorderdarmdrüse von *Natica* wurde auf einem Objektträger zerpulvert und lufttrocken in eine PETRI-Schale gelegt, wo es übergossen wurde je mit destilliertem Wasser, NaCl 1, 2, 3, 3,45 % (entspricht dem osmotischen Druck des Neapler Seewassers), Seewasser, NaCl 5, 6 %. Diese Lösung ließ ich ¹/₂, 1, 2, 4, 10, 24, 48 Stunden auf das Kalkbindegewebe einwirken. So machte ich 56 Versuche, die zur Kontrolle noch parallel verdoppelt oder verdreifacht wurden; zu jedem Versuche wurde ein frisches Tier genommen. Die Bilder des Präparats wurden vor und nach Einwirken mit dem Zeichenapparat gezeichnet und tunlichst von Stunde zu Stunde beobachtet. Um nicht durch vorgefaßte Gedanken beeinflusst zu werden, machte ich die Versuche bunt durcheinander und stellte erst zum Schluß die Ergebnisse zusammen. Diese sind aus beiliegender Tabelle ersichtlich (S. 228), welche aber nur wenige vergleichende Daten enthält, also einer Besprechung bedarf.

Normales Bild. Radiärgestreifte Kugeln haben einen Durchmesser von 1,2—2 μ ; Kugeln mit Schwellungshof sind sehr selten und haben dann Durchmesser von 3,6—4 μ . Helle Flüssigkeitsblasen

1) Bei diesen Versuchen bin ich Fräulein Dr. EVA DE VRIES aus Amsterdam für freundliche Ratschläge Dank schuldig.

sind nicht sichtbar. — Die homogenen Krystalle haben einen Durchmesser von $2,4\ \mu$, solche mit Hof oder Flüssigkeitsblasen sind nicht zu erkennen. Die Hüllen haben einen Durchmesser von $24-36\ \mu$.

Destilliertes, gekochtes, kaltes Wasser $\frac{1}{2}$ Stunde. Intakte, radiärgestreifte Kugeln sind selten, allermeist überwiegen in den Hüllen Krystalle mit Schwellungshof von $6-7\ \mu$ Gesamtdurchmesser. Helle Flüssigkeitsblasen mit dunklerem Innenkörper sind häufig. — Intakte homogene Krystalle sind ebensoviele da wie solche von einem Flüssigkeitshof umgebene. Es ist deutlich zu beobachten, wie eine „Membran“ um den Krystall herum anschwillt: die Kugel bleibt zunächst unverletzt sichtbar, dann wird ihr Rand zackig, und zuletzt löst sie sich zu feinen Restkörpern, die verschwinden. — Die Hüllen sind unregelmäßig rundlich; ihren Durchmesser bezeichne ich also durch das Mittel zwischen dem größten und kleinsten Durchmesser einer Hülle. Hier sind solche mit 30 bis $36\ \mu$ normal, bis zu $48\ \mu$ selten.

1 Stunde. Radiärgestreifte Krystalle sehr selten; Schwellungshöfe mit $5-6\ \mu$ Durchmesser nicht selten; Flüssigkeitsblasen von $6-7\ \mu$ Durchmesser häufig. — Intakte homogene Krystalle sind selten; meist erscheinen sie korrodiert mit Schwellungshöfen; Flüssigkeitsblasen von $12-15\ \mu$ Durchmesser sind nicht selten. Sie erscheinen auf der Oberfläche der „Membran“ wie mit feinen Punkten übersät und platzen bei Druck! Ihre bedeutende Größe läßt die Vermutung zu, daß sie auch durch Zusammenfließen mehrerer Blasen entstehen; beobachtet habe ich den Vorgang nicht. Die Hülle hat meist einen Durchmesser von $43\ \mu$.

2 Stunden. Radiärgestreifte Krystalle fehlen ganz, Schwellungshöfe von $7-13\ \mu$ Durchmesser mit unregelmäßigen, korrodierten Innenkörpern sind häufig, noch häufiger helle Flüssigkeitsblasen von $9,8-13\ \mu$ Durchmesser. Die homogenen Krystalle sind selten, Hofkrystalle mit deformierten Innenkörper und Flüssigkeitsblasen sind gleichmäßig verteilt; es erscheinen einige Hüllen ohne erkennbaren festen Inhalt mit Flüssigkeit gefüllt. Die Hüllen haben im Durchschnitt einen Durchmesser von $36-55\ \mu$.

4 Stunden. Die normalen radiärgestreiften Krystalle sind nicht erkennbar, solche mit Schwellungshof und korrodierten Innenkörpern sind sehr selten. Die sehr zahlreichen Flüssigkeitsblasen haben $8,4-10,8\ \mu$ Durchmesser. Homogene Krystalle oder solche mit Schwellungshof sind nicht erkennbar; es ist möglich, daß ein Teil der sehr

häufigen Flüssigkeitsblasen von ihnen stammt. — Die Hüllen haben durchweg den Durchmesser von 68—80 μ im Mittel.

10 Stunden. Intakte Krystalle und solche mit Schwellungshof beiderlei Ursprungs sind nicht erkennbar; nur Hüllen von 48—72 μ Durchmesser erfüllt von Flüssigkeitsblasen von 7—12 μ Durchmesser. Viele Hüllen sind gänzlich geschwunden; ihr Platzen und das Ergießen ihres Inhaltes in das umgebende Medium wurde wiederholt beobachtet.

24 Stunden. Krystalle sind nicht zu sehen, nur noch Hüllen, die das Licht kaum stärker brechen als die umgebende Flüssigkeit. Sie platten sich gegenseitig ab und sind beträchtlich geschwollen (Durchm. 72 μ), sind farblos, durchsichtig und besitzen innen nur wenige Flüssigkeitsblasen von 4,8—7 μ Durchmesser. Die Gesamtsumme der Hüllen hat abgenommen.

48 Stunden. Es wird beobachtet, wie die letzten Hüllen platzen, dann ist nichts mehr zu sehen.

Dieser Vorgang wiederholt sich in stets gleicher Weise: Hofbildung um die Kugeln; langsame Lösung: Angefressenwerden, Zerkrümeln des Kalkes, Lösung innerhalb einer Flüssigkeitsblase; Platzen dieser Blase in eine gemeinsame Hülle, die ihren Umfang um ein Vielfaches vermehrt, und zuletzt Platzen dieser Hülle. Ich kann mich also bei Schilderung desselben Vorganges nach Zusatz verschiedenprozentigen Natriumchlorids kurz fassen, da sich nur das zeitliche Auftreten der einzelnen Stufen bis zum Zusatz von Seewasser ändert, der Vorgang selbst aber nicht. Im übrigen stelle ich Maß und Zeit in meiner Tabelle S. 228 übersichtlich zusammen.

Natriumchlorid 1%, $\frac{1}{2}$ Stunde. Die Bildung von Schwellungshöfen um Kugeln ist sehr selten (wie normal), Flüssigkeitsblasen sind nicht erkennbar; nur in einer Hülle mit homogenen Kugeln sah ich 2 Flüssigkeitsblasen ansehnlicher Größe. Die Zellen haben einen normalen Durchmesser von 36 μ .

1 Stunde. Intakte Krystalle und solche mit Schwellungshof (3,6—9 μ Durchm.) sind gleich häufig in den Hüllen, die 36—48 μ Durchmesser haben.

2 Stunden. Intakte Krystalle sind selten, solche mit Schwellungshof (von 4—6 μ) häufig. Es wird beobachtet, daß 2—3 Krystalle in einem Hof liegen können; vielleicht spricht dies für ein Zusammenfließen, so wie 2 Vacuolen oder 2 Fetttropfen zusammenfließen. Flüssigkeitsblasen sind nicht zu sehen, die Hülle hat im Mittel den Durchmesser von 50—60 μ .

4 Stunden. Radiärgestreifte Kugeln sind sehr selten, zumeist nur Flüssigkeitsblasen von 6—16 μ Durchmesser. Selten sind Kugeln mit Schwellungshof. — Homogene Krystalle sind gar nicht erkennbar, nur noch vereinzelte Flüssigkeitsblasen in großen Hüllen. Diese letzten sind selten geplatzt und haben einen Durchmesser von 48—60 μ .

10 Stunden. Bis auf wenige Hüllen von 36—48 μ Durchmesser mit Flüssigkeitsblasen ist alles zerplatzt. Man kann an den hellen Stellen zwischen dem Gewebe sehen, wo früher Hüllen mit Kalk lagen.

24 Stunden. Nur wenige Lösungsblasen von 9—12 μ (eine aber mit einem Durchmesser von 25 μ) sind in Hüllen von 60 μ Durchmesser sichtbar.

48 Stunden. Keine Überreste.

Natriumchlorid 2%. $\frac{1}{2}$ Stunde. Allermeist normale Krystalle, selten ist ein Schwellungshof von 5—7 μ Durchmesser zu beobachten; die Hüllen sind normal.

1 Stunde. Normale Kugeln und solche mit Schwellungshof sind gleichmäßig vertreten; nur die homogenen Krystalle, deren Form mit Hof deutlich korrodiert ist, haben in ihren Hüllen einige große Flüssigkeitsblasen. — Die Hüllen haben einen mittleren Durchmesser von 50 μ .

2 Stunden. Intakte Krystalle sind in beiden Formen selten; sie sind meist korrodiert und haben einen Schwellungshof von 6—24 μ . Flüssigkeitsblasen sind selten. — Hüllen haben einen Durchmesser von 45—60 μ .

4 Stunden. Intakte Krystalle beider Formen sind nicht mehr da, es überwiegen im Bilde die Flüssigkeitsblasen von 6—10 μ Durchmesser. — Hüllen 60 μ Durchmesser.

10 Stunden. Die seltenen Schwellungshöfe der radiärgestreiften Kugeln haben 6—14 μ Durchmesser; sonst sind die Flüssigkeitsblasen bis zu 24 μ Durchmesser erkennbar. — Die homogenen Krystalle sind restlos aufgelöst, die Anzahl ihrer Flüssigkeitsblasen ist vermindert. — Die Hüllen haben bis zu 70 μ Durchmesser.

24 Stunden. In bedeutenden sich abflachenden Hüllen von 80—90 μ Durchmesser liegen nur wenige Flüssigkeitsblasen von 6—12 μ Durchmesser.

48 Stunden. Die Hüllen sind zumeist geplatzt, nur einige sind noch erkennbar.

Natriumchlorid 3%. $\frac{1}{2}$ Stunde. Normal.

1 Stunde. Meist normal, einige mit Schwellungshof von 5—6 μ Durchmesser. — Hüllen normal.

2 Stunden. Dasselbe, Hüllen etwa 60 μ Durchmesser.

4 Stunden. Zumeist Krystalle mit Schwellungshof; Flüssigkeitsblasen habe ich nicht beobachtet. — Hüllen von $48\ \mu$ Durchmesser.

10 Stunden. Gleichviel normale Krystalle und solche mit Schwellungshof; nur bei den homogenen Krystallen scheinen die letzten zu überwiegen. Flüssigkeitsblasen sind nicht selten. — Hüllen $60-70\ \mu$ Durchmesser.

48 Stunden. Intakte, radiärgestreifte Krystalle sind selten, homogene nicht erkennbar; Schwellungshöfe bis $13\ \mu$. — Hüllen scheinen selten geplatzt und haben $60\ \mu$ Durchmesser.

Natriumchlorid $3,45\%$ (entsprechend dem osmotischen Druck des Neapler Seewassers). $\frac{1}{2}$ Stunde. Normal.

1 Stunde. Normal.

2 Stunden. Normal.

4 Stunden. Dasselbe.

10 Stunden. Dasselbe.

24 Stunden. Normal.

Seewasser. $\frac{1}{2}$ Stunde. Normal.

1 Stunde. Normal.

4 Stunden. Normal.

10 Stunden. Normal.

24 Stunden. Normal.

48 Stunden. Normal.

Natriumchlorid 5% . Dasselbe auf allen Stufen.

Natriumchlorid 6% . Die Hüllen haben keine pralle Oberfläche mehr, sondern erscheinen etwas unregelmäßiger in der Form als normal und haben auch meist nur $20-30\ \mu$ mittleren Durchmesser. Sonst alles normal auf allen Stufen.

Diese Versuche zeigen:

1. Bei 48stündigem Aufenthalte in Seewasser ändert sich der normale Befund der zwei Kalkgebilde in ihren Hüllen nicht.

2. Dem entspricht der Aufenthalt in $3,45\%$ iger NaCl-Lösung.

3. Mit abnehmendem Gehalt der Umgebungsflüssigkeit an NaCl, also in einer mehr und mehr hypotonischen Lösung, steigt die Geschwindigkeit der Auflösung beider Kalkformen; die Auflösung ist vollendet, und es sind helle Flüssigkeitsblasen entstanden:

bei 3% NaCl: ungefähr nach 48 Stunden,

bei 2% NaCl: nach 10—24 Stunden,

bei 1% NaCl: nach 4—10 Stunden,

bei destilliertem Wasser: nach 2—4 Stunden.

4. Die radiärgestreiften Kugeln lösen sich offenbar etwas langsamer als die homogenen; dasselbe wurde bei Säurezusatz beobachtet.

5. Die Kugeln mit Schwellungshof zeigen eine deutliche Abgrenzung gegen die Umgebung innerhalb der Hülle; es hat den Anschein, als sei jede Kugel von einer Membran (Plasmahaut) umgeben, deren Durchmesser sich in hypotonischer Lösung von 2 auf 13 μ vergrößert. Dadurch hebt sich die Membran von der Kugel ab, bis sie platzt und sich ihr Inhalt in die Hülle ergießt. Bei Druck auf das Deckglas ist das Platzen künstlich herbeizuführen, was auch für eine Membran spricht.

6. Die Nester der Kugeln sind durch eine Hülle gegen die Umwelt abgegrenzt. Diese Hülle ist in hypotonischer Lösung bedeutend erweiterungsfähig (von 35 auf 70 μ mittleren Durchmessers). In sie hinein lösen sich die einzelnen Kugeln auf, bis dann die Hülle selbst platzt.

7. Mit zunehmendem Gehalt der Umgebungsflüssigkeit an NaCl über 3,45 % hinaus zeigen die Krystalle keinerlei Veränderung gegen den normalen Zustand; die Hüllen erscheinen unregelmäßiger geformt und etwas kleiner als normal.

8. Während das Innere der normalen Hülle lebhaft aufglänzt, verliert die Hülle in hypotonischer Lösung diese Erscheinung mit zunehmendem Durchmesser und je mehr gelöste Krystalle sich in sie ergießen.

Aus diesen Versuchen und ihren Ergebnissen können wir folgende Schlüsse ziehen:

Die alle Krystalle umgebende gemeinsame Hülle schwillt in gegen Meerwasser hypotonischer Lösung an. Diese Tatsache kann nur durch einen osmotischen Vorgang erklärt werden. Danach herrscht normal im Innern der Hülle ein dem Meerwasser isotonischer Druck. In hypotonischer Umgebungsflüssigkeit dringt Wasser durch die Hülle ein, wandert also vom Orte seiner größeren Molekularmenge in einem bestimmten Volumen zum Orte seiner geringeren Molekularmenge. Die Hülle ist (wenigstens zuerst) semipermeabel, läßt also die im Innern der Hülle befindlichen Salze nicht heraus. Dadurch entsteht ein immer größerer Innendruck, welcher zuletzt die Hülle platzen läßt.

In der Hülle zwischen den Kalkkrystallen oder deren Lösungs-

blasen befindet sich eine plasmaartige Masse, welche auf Schnitten mit Hämatoxylin verschieden stark färbbar und mit eiweißfällenden Mitteln und durch Herabsetzen der Salzkonzentration ausfällbar ist: nach einigem Verweilen der Hülle in hypotonischer Lösung dringt Wasser ein, und ein feines Gerinnsel legt sich darauf zwischen die Kalkkrystalle. Ich vermute also, daß es sich um Globuline handelt; ihr osmotischer Druck würde als Partiardruck bei ihrem großen Molekül relativ keine Rolle spielen. Es ist nach früher (S. 214) morphologisch Beobachtetem möglich, daß diese Körper zur Bildung des Kalkes in Beziehung stehen. Vielleicht stellen auch sie eine hochzusammengesetzte organische Kalkverbindung dar, so wie die Pflanzenzelle Zucker in Stärke und umgekehrt verwandelt zur Regulierung des osmotischen Druckes.

Auch die Kalkkugel löst sich nur in einer zum Meerwasser hypotonischen Lösung; außerdem schwillt sie während der Lösung an; demnach muß sie von einer ebenfalls semipermeablen Membran umgeben sein.¹⁾ Es handelt sich also um zwei ineinandersteckende osmotische Systeme, welche durch die gemeinsame Hülle und die Kugelmembranen gebildet werden. Den Vorgang stelle ich mir so vor: das Imbibitionswasser der Membran besitzt einen der Umgebungsflüssigkeit isotonischen Druck (gleich dem Seewasser, wie unsere Versuche zeigen). Es wird eine gesättigte Lösung von CaHPO_4 (S. 208) enthalten, außerdem aber müssen noch andere Salze gelöst sein, denn eine gesättigte Lösung des CaHPO_4 allein wäre dem Neapler Meerwasser hypotonisch.²⁾ Lege ich diesen Kalkkrystall in eine

1) Auch von den Kalkkugeln im Parenchym der Cestoden ist bekannt, daß um sie eine Plasmamembran sich bildet. Wahrscheinlich bildet um jeden nichtplasmatischen Körper das Plasma eine Abgrenzungsschicht (s. PFEFFER, Osmotische Untersuchungen, 1877).

2) Auf meine Anfrage war Herr Prof. TUBANDT in Halle so sehr liebenswürdig, mir brieflich über die Löslichkeit des CaHPO_4 folgendes mitzuteilen: „Die Verhältnisse bei den Calciumphosphaten liegen ziemlich verwickelt. Die 3 Calciumsalze der schwachen Phosphorsäure sind in Lösung ziemlich stark hydrolytisch gespalten; deshalb enthalten die Lösungen der 3 Salze nicht nur die dem festen Salze entsprechenden Ionen, sondern auch deren Hydrolysenprodukte. Löst man also CaHPO_4 in Wasser auf, so tritt die Reaktion ein: $3\text{HPO}_4''' \rightleftharpoons 2\text{PO}_4''' + \text{H}_3\text{PO}_4$. Sind dann die Konzentrationen der Ionen Ca'' und PO_4''' so groß, daß das Löslichkeitsprodukt $[\text{Ca}''] [\text{PO}_4'''] = K$ des tertiären Salzes überschritten wird, so fällt es aus, d. h. das CaHPO_4 wird durch Wasser teilweise unter Bildung von $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ zersetzt, und man erhält eine Lösung, die mehr Phosphorsäure enthält, als der Formel des Hydrophosphats entspricht. Der Betrag,

hypotonische Lösung, so dringt Wasser in die Membran ein, vermehrt das Imbibitions- und Zellwasser und löst damit neuen Kalk. Der Salzgehalt wird also nicht herabgesetzt; das Wasser dringt folglich ständig durch die semipermeable Membran ein (sie ist sicher semipermeabel nur insofern, daß sie Wasser leichter als Salze durchläßt; ob überhaupt keine Salze hindurchdringen, ist nicht erwiesen). Dadurch wird der Innendruck nach Lösung des Krystalls so stark, daß die Membran reißt und der gelöste Kalk sich in die gemeinsame Hülle ergießt.

Alle diese Versuche sind gewissermaßen unter pathologischen Verhältnissen angestellt; sie machen aber das Vorhandensein einer Membran sehr wahrscheinlich, was allgemein interessant ist; sie geben auch einen Fingerzeig für eine mögliche Lösung des Kalkes im Tierkörper, wie denn solche Lösungsstufen auf Schnitten und frisch im Fußschleim gefunden sind. Darüber spreche ich im nächsten Kapitel.

Unabhängig von diesen Untersuchungen habe ich bei *Pleurobranchaea* im Kropfsaft die Auflösung von fermentführenden Sekretkugeln beobachtet (Teil 1 dieser Arbeit, p. 493). Merkwürdigerweise fand ich dort dieselben morphologischen Bilder wie bei den osmotischen Versuchen mit Kalk. Sekretkugeln und Kalkkugeln sind zunächst durch

bis zu welchem diese hydrolytische Zersetzung vor sich geht, ist durch die Dissoziationskonstanten der Phosphorsäure und die Löslichkeitsprodukte der einzelnen Salze bestimmt. Leider ist das vorliegende Material noch nicht ausreichend, um diese Größen daraus berechnen zu können. — Wohl infolge Nichtbeachtung dieser Verhältnisse wie der Temperatur und des Molekularzustandes (CaHPO_4 kommt amorph und krystallinisch in mehreren Hydraten vor) kann man der großen Zahl der in der Literatur sich findenden Angaben über die Löslichkeit des CaHPO_4 , die außerordentlich große Abweichungen untereinander aufweisen, keinen großen Wert beilegen. — Einige Daten aus neueren Versuchen von RINDELL, die als sicher angesehen werden dürfen, führe ich hier an:

Wasserfreies Salz

t	CaHPO_4	
	Millimol im Liter	
	CaO	H_3PO_4
30°	0,74	1,22
40°	1,05	1,92
50°	1,19	2,30

t	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	
	Millimol im Liter	
	CaO	H_3PO_4
24°	1,44	2,36
30°	1,76	2,91
40°	2,78	4,84
50°	4,07	8,70

Natronlauge schnell zu trennen, worin die ersten sofort löslich sind. Die einzelne Secretkugel ist offenbar von einer Membran umgeben, und viele Secretkugeln sind von einer gemeinsamen Hülle umschlossen. Sie lösen sich im Magensaft zu hellen Blasen, offenbar durch Eindringen von Flüssigkeit durch die Kugelmembran; dadurch schwillt die Kugel an, und der feste Innenkörper löst sich (Stadium β). Durch Eindringen von Wasser in die gemeinsame Hülle gerinnt auch hier ein plasmaartiger Stoff. Ein Unterschied im Lösungsbilde besteht also darin, daß die Secretblasen (β) sich nicht gemeinsam in die Hülle ergießen, sondern daß zuerst die Hülle reißt und die Blasen frei heraustreten. — Nach der Gleichheit der Bilder zu urteilen, kann es sich auch hier um zwei ineinandersteckende osmotische Systeme handeln, bei welchen die Membranen des inneren stärker sind als die des äußeren. Da wir über die chemische Natur der Secretkörner nichts wissen, so läßt sich weiter über den osmotischen Vorgang nichts vermuten; Untersuchungen darüber sind im Gange.

5. Vergleichendes zum Kalkstoffwechsel.

Es sei noch gestattet, daß die Versuchsergebnisse in Beziehung zu der Bedeutung des Kalkes bei Wirbellosen und der Salze im Wirbeltierorganismus kurz geordnet werden und damit künftigen Untersuchungen gedanklich vorausgearbeitet wird.

Nur bei Wirbellosen kennen wir Kalkspeicher für längere Zeit und sind in etwa drei Fällen über deren Bedeutung einigermaßen unterrichtet. Zwei Rollen sind diesen Kalkreserven bisher zugeschrieben worden: sie dienen zur Hilfe bei Verdauungsvorgängen und zweitens zur Reserve für den Aufbau fester Substanz. Nach obigen Untersuchungen scheinen mir die Kalkablagerungsstätten bei *Murex* einmal für die eine Rolle, einmal für die andere Rolle in Betracht zu kommen.

Der Secretkalk scheint zur Secretion in Beziehung zu stehen: einmalige Ausstoßung nach der Nahrungsaufnahme, das entsprechende Vorkommen im Magen und die Übereinstimmung der Ausstoßungszeit mit der Kurve der Fermentkraft. Wir kennen beim Menschen eine Ausscheidung von Kalk im Darm¹⁾ und im Parotisspeichel der Haussäugetiere; die Bedeutung dieser Vorgänge im Haushalt ist

1) COHNHEIM, Physiologie der Verdauung und Ernährung (Berlin-Wien 1908), p. 268, 321, 351.

jedoch nicht geklärt; es ist zu vermuten, daß es sich um eine Excretion handelt. Auch bei Wirbellosen ist daran zu denken, daß der Kalk gepaart mit organischen Verbindungen der Excretion dienen kann. Bei *Helix* soll zwar der Kalk in den Zellen der Acini im Sommer zunehmen und nach Bildung des Diaphragmas sowie nach Verletzung des Gehäuses abnehmen.¹⁾ Ob das auch für *Murex* und *Natica* zutrifft, läßt sich nur an Tieren mit angebrochenem Gehäuse feststellen. Jedenfalls kann der Secretkalk allein nicht bei allen Schnecken das Kalkdepot sein, denn die gehäusebauenden Gastropoden *Paludina*, *Limnaea* und *Planorbis* besitzen keine kalkführenden Zellen in den Acini der Mitteldarmdrüse.²⁾

Unter den Wirbellosen ist noch ein Fall bekannt, bei dem eine Kalkausscheidung offenbar in Beziehung zur Verdauung steht: beim Regenwurm. Die Kalkdrüsen um den Ösophagus herum scheiden eine Suspension von kohlen sauren Kalkkrystallen aus, die in den Kalkzellen selbst gebildet werden. Die Zellen gehen zugrunde, und so wird der Kalk frei; er gelangt in den Ösophagus und wird der Nahrung beigemischt. Man nimmt an, daß er der Neutralisation der an Humussäuren reichen Nahrung diene.³⁾ — Auch an aktivierende Tätigkeit der Kalksalze ist vielleicht in beiden Fällen zu denken, seitdem wir wissen, daß solche für die Enterokinase des Säugetardarmes ein Aktivator sind.⁴⁾

Der Bindegewebskalk kann ein dauernd abgelagerter Excretstoff sein wie der oxalsaure Kalk in den Blättern des wilden Weines. Wahrscheinlicher aber ist es, daß er in den meisten Fällen das Kalkdepot für die gehäusebauenden Zellen ist; dafür spricht die Tatsache, daß Schnecken ohne Gehäuse wie *Pleurobranchaea* und

1) D. BARFURTH, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 22, 1883, p. 506. Aus quantitativ-chemischen Untersuchungen dieser Arbeit geht hervor, daß der Kalk der Mitteldarmdrüse für den Deckelbau verwendet wird; es ist mir jedoch nicht ersichtlich, ob dabei Secretkalk oder vor allem Bindegewebskalk verbraucht wird, dessen Verschwinden p. 506 ausdrücklich betont wird; die quantitativen Versuche sind offenbar mit der ganzen Drüse gemacht.

2) H. JORDAN, Vergl. Physiologie Wirbelloser, Jena 1913, Vol. 1, p. 325.

3) Siehe die Zusammenstellung bei JORDAN, Vergl. Physiologie wirbelloser Tiere, Vol. 1 (1913), p. 195.

4) OPPENHEIMER, Die Fermente, 3. Aufl., 1909, p. 208.

Pterotrachea keinen Kalk in dem Bindegewebe ablagern; *Arion* jedoch besitzt Kalk. Ferner hat BARFURTH¹⁾ bei *Arion* und *Helix* folgende bedeutsame Beobachtung gemacht: die Bindegewebshülle um die Gefäße herum wird im Herbst mattweiß bis weißgrau. Die Ursache ist das Verschwinden des Kalkes, dessen Kugeln nur noch spärlich vorhanden sind. An Stellen, wo sie fehlen, finden sich Protoplasmalücken, die die Form einer Hohlkugel haben und mit Flüssigkeit erfüllt sind. — Dieses Verschwinden ist zweifellos eine Lösung des Kalkes, deren Mechanismus durch obige Untersuchungen einigermaßen aufgeklärt wird; der „Zweck“ dieser Lösung ist bei *Arion* als einer Nacktschnecke heute noch unklar; bei *Helix* ist der Bindegewebskalk jedenfalls Reserve für die Bildung des Deckels.

Nun ist folgender Zusammenhang möglich: die Kalkzellen des Bindegewebes entnehmen den Kalk den Resorptionszellen der Mitteldarmdrüse, wenn er mit der Nahrung eingeführt wird, und speichern ihn; der Darm selbst scheint Kalk nicht zu resorbieren, weil in dem ihn umgebenden Bindegewebe weniger Kalk abgelagert ist als um die Gefäße und um die Mitteldarmdrüse herum. Jedenfalls muß die Speicherung des Kalkes in bestimmten Zellen ein Prozeß gegen das osmotische Gefälle sein, also eine besondere Arbeitsleistung der Zelle darstellen. Vom Menschen sind uns nur ganz vorübergehende Speicherungen bekannt: in der Milchdrüse werden 1,6‰ Kalk gespeichert, während sich im Blute nur 0,12‰ befinden.

Zwei Fälle bei Wirbellosen sind beschrieben worden, bei denen Kalk gespeichert und zum Aufbau von Körpersubstanz gelegentlich verwendet wird: beim Flußkrebs und bei Dipteren-Larven. *Potamobius astacus* bildet in 10—40 Tagen in der Cardia seines Magens jederseits durch besondere Matrixzellen einen halbkugeligen Kalkkörper von ansehnlicher Größe.²⁾ Durch die Häutung wird der Stein frei, wird im Magen aufgelöst und zur Kalkimprägnierung des neuen Chitinpanzers verwendet. Ich halte es für möglich, daß der Kalk durch einen osmotischen Vorgang im Magen (bekanntlich binnen 24—48 Stunden) sich löst. — Ferner speichern die Larven von *Phytomyza* in besonderen Zellen Kalk auf, welcher während des Puppenstadiums

1) BARFURTH, in: Arch. mikrosk. Anat., 1883, Vol. 22, p. 482 u. 506. Ferner SEMPER, in: Z. wiss. Zool., 1857, Vol. 8, p. 378.

2) Vergleiche die neuere Zusammenstellung: H. JORDAN, Vergl. Physiologie Wirbelloser, Vol. 1, Jena 1913, p. 440 und BIEDERMANN, Physiologie der Stütz- und Skelettsubstanz, in: WINTERSTEIN, Handb. vergl. Physiol., Vol. 3, Abt. 1, p. 870.

schwindet, also offenbar zum Aufbau des Dipteren-Körpers verwandt, vielleicht ausgeschieden wird.¹⁾

Wie ist nach vorstehenden Untersuchungen die Regulation zwischen Kalkbedarf beim Gehäusebau und Kalkspeicherung zu denken?

Es ist oben gezeigt worden, daß der Bindegewebskalk von *Natica* in hypotonischer Umgebungsflüssigkeit löslich ist, daß er dagegen in einer dem Meerwasser isotonischen Flüssigkeit unverändert bleibt. Die Leibesflüssigkeit der Schnecken ist vermutlich dem Meerwasser isotonisch wie bei allen untersuchten Wirbellosen und Selachiern. Es ist ferner gut anzunehmen, daß das Blut insofern „homoiosmotisch“ ist, als *Natica* und *Murex* im Meere leben, in einem Medium, dessen osmotischer Druck konstant bleibt. Eine Vorrichtung jedoch zur Erhaltung eines niedrigeren oder höheren Druckes als die Außenwelt besitzen offenbar nur die Wirbeltiere von den Ganoiden an aufwärts.²⁾

Demnach müßte eine starke Kalkaufnahme der gehäusebauenden Zellen aus der Leibesflüssigkeit eine Hypotonie in dieser erzeugen; dann ist es sehr möglich, daß in dieser hypotonischen Flüssigkeit der Kalk um die Gefäße sich löst, bis der alte osmotische Druck wieder hergestellt ist, bei welchem Kalk, wie nachgewiesen, sich nicht mehr löst. Nach den bisherigen Erfahrungen bei Seeigeln, Holothuriern, *Carcinus* und Selachiern dürfen wir annehmen, daß die Haut der Schnecken wohl für Wasser, aber nicht für Salze permeabel ist.³⁾ Entsteht nun in der Leibesflüssigkeit ein hypotonischer Druck durch Kalkabsorption der Mantelzellen, so muß der Organismus entweder Wasser an die Umwelt abgeben oder Salze in die Leibesflüssigkeit aufnehmen; da erscheint mir das Lösen des Bindegewebskalkes in unmittelbarer Nähe der Gefäße der wahrscheinlichste Weg zur Wiederherstellung des ursprünglichen Druckes, zur Vermeidung übermäßiger Wasserabgabe und gleichzeitig zum Transport des Kalkes. In diesem Sinne spielt vielleicht die nachgewiesene schnelle Lösungsfähigkeit des Kalkes durch einen osmotischen Vorgang eine bedeutsame regulatorische Rolle.

Wir kennen von Wirbeltieren her Analoges: in den Muskeln

1) HENNEGUY, in: Arch. Anat. microsc., Teil 1, 1897 (nach JORDAN, 1. c., p. 635).

2) Vgl. HÖBER, Physikalische Chemie der Zelle und Gewebe, 4. Aufl., 1914, p. 37.

3) Ebendort, p. 625.

Übersicht über die Versuchsergebnisse mit
Wirkung auf die Binde-

		$\frac{1}{2}$ Stunde	1 Stunde	2 Stunden
dest. Wasser	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	seltener überwiegen häufig 30—36 μ	selten häufig häufig 43 μ	fehlen — selten häufig sehr häufig 36—55 μ
NaCl 1%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	viele selten fehlen 36 μ	häufig häufig fehlen 36—48 μ	selten häufig fehlen 50—60 μ
NaCl 2%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	viele sehr selten fehlen normal	häufig häufig selten 50 μ	selten häufig selten 45—60 μ
NaCl 3%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	normal selten fehlen normal	normal selten fehlen normal	normal selten fehlen normal
NaCl 3,45%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	} normal	} normal	} normal
Seewasser	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	} normal	} normal	} normal
NaCl 5%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	} normal	} normal	} normal
NaCl 6%	Intakte Krystalle Schwellungshöfe Flüssigkeitsblasen Hüllen	} normal	} normal geschrumpft, 30 μ	} normal geschrumpft, 25 μ

Lösungen verschiedenen osmotischen Druckes in
substanzzellen von *Natica*.

4 Stunden	10 Stunden	24 Stunden	48 Stunden
fehlen selten — fehlen sehr häufig 68—80 μ	fehlen fehlen ausschließlich 48—70 μ	fehlen fehlen selten (geplatzt) 72 μ	fehlen fehlen fehlen fehlen
sehr selten — fehlen selten sehr häufig 48—60 μ	fehlen fehlen ausschließlich 36—48 μ	fehlen fehlen selten (geplatzt) 60 μ	fehlen fehlen fehlen fehlen
fehlen fehlen — selten häufig 60 μ	fehlen fehlen — selten häufig 70 μ	fehlen fehlen ausschließlich 80—90 μ	fehlen fehlen fehlen fehlen
häufig häufig fehlen normal 48 μ	häufig häufig nicht selten 60—70 μ	selten selten sehr häufig 60 μ	selten — fehlen häufig sehr häufig 60 μ
} normal	} normal	} normal	} normal
} normal	} normal	} normal	} normal
} normal	} normal	} normal	} normal
} normal geschrumpft, 25—30 μ	} normal geschrumpft, 25 μ	} normal geschrumpft	} normal geschrumpft

des Hundes wird bei zu großer Salzmenge im Blut Salz gespeichert und bei zu großer Wassermenge im Blut Salz aus den Muskeln abgegeben.¹⁾ Eine ähnliche Regulation, jedoch nur durch Aufnahme von Wasser oder Salzen je nach dem Druck der Binnenflüssigkeit, findet im Antrum pylori und im Darms statt.²⁾

Weitere Untersuchungen werden diese Beziehungen zwischen Schalenaufbau, osmotischem Druck der Körperflüssigkeit und der Kalkspeicher durch das Experiment aufdecken. Leider ist in allen anderen Fällen bei Wirbellosen die Lösung der Kalkspeicher noch unerklärlich.

1) R. MAGNUS, in: Arch. exper. Pathol. Pharmacol., Vol. 44, 1900, p. 68 u. 396. — W. ENGELS, ibid., Vol. 51, 1904, p. 364.

2) COHNHEIM, Physiologie der Verdauung und Ernährung (Berlin-Wien 1908), p. 308.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Über die Entstehung rudimentärer Organe bei den Tieren.

Zusammenfassung meiner bisherigen Mitteilungen.

Von

J. Dewitz.

Eine im vorigen Jahre in Biological Bulletin of the marine biological Laboratory Woods Hole Mass., Vol. 29. Juli 1915 erschienene Arbeit von JACQUES LOEB über Erzeugung blinder Tiere veranlaßt mich, meine eigenen Mitteilungen über die Entstehung rudimentärer Organe zusammenzufassen und sie denjenigen jenes Autors gegenüberzustellen.¹⁾

1. Im Jahre 1896 veröffentlichte J. LOEB die Mitteilung: JACQUES LOEB, Über den Einfluß des Lichtes auf die Organbildung bei Tieren (in: Arch. ges. Physiol., Vol. 63, p. 273—292, 1896), welche in der Hauptsache Folgendes besagt.

Für die Beantwortung der Frage nach dem Einfluß des Lichtes auf die Entwicklung der Tiere bietet uns die Natur zwei Versuchsreihen, nämlich die intrauterine Entwicklung und die Entwicklung der Höhlentiere. Im ersteren Falle geht die Entwicklung so gut wie vollständig bei Lichtabschluß vor sich, und die Bildung des Embryos, seiner Organe usw. kann ohne Licht stattfinden. Von den Höhlentieren können sich gewisse Arten in bezug auf die Ausbildung einzelner Organe (Augen, Antennen, Pigmentierung) von den im Licht gebildeten Formen unterscheiden, woraus folgt, daß, wo das Licht einen direkten Einfluß auf die Entwicklung hat, dieser Einfluß

1) Alle Bemerkungen unter dem Text sind von mir jetzt hinzugefügt.

sich nur auf die Ausbildung einzelner Organe, aber nicht auf die Gesamtentwicklung geltend machen kann.

Das Licht hemmt weder noch fördert es die Entwicklung und das Wachstum der Tiere im ganzen. Da, wo es überhaupt eine Wirkung ausübt, beeinflusst es nur die Entwicklung einzelner Organe, während es andere Organe unberührt läßt. Daß das Licht auf die Ausbildung bestimmter Gebilde des tierischen Organismus von Einfluß sein kann, zeigt der Verf. durch Versuche über die Entstehung der Polypen von *Eudendrium racemosum*. Das Tageslicht und von diesem wiederum die stärker brechbaren (blauen) Strahlen begünstigen die Polypenbildung, während im Dunkeln keine Polypen oder solche nur spärlich entstehen. Die weniger brechbaren (roten) Strahlen wirken wie Dunkelheit. Im Anschluß hieran zeigt der Autor, daß die Zahl der in der Dotterhaut des Embryos des Fisches *Fundulus* gebildeten Chromatophoren im Dunkeln erheblich geringer als im Licht ist, daß hier also im Licht mehr Pigment gebildet wird als im Dunkeln.¹⁾

Diese Versuche, sagt der Autor, bestätigen die bei Höhlentieren erkannte Tatsache, daß Änderung der Lichtzufuhr die Entwicklung einzelner Organe, aber nicht die Gesamtentwicklung beeinflussen kann. Analoges finden wir bei anderen Einflüssen, nämlich bei dem Einfluß der Geschlechtsorgane auf die Form. Hoden und Eierstücke scheiden Substanzen aus²⁾, die verschieden sind. Diese gelangen in das Blut und haben Einfluß auf die Organbildung, auf die Ausbil-

1) Diese Erscheinung wurde schon früher beobachtet. Angaben darüber vgl. bei CARL H. EIGENMANN, *Cave vertebrates of America, a study in degenerative evolution*, Washington 1909; bei L. CUÉNOT, *L'influence du milieu sur les animaux*, p. 41. — Vgl. ferner: ARMAND VIRÉ, *Modifications apportées aux organes de relation et de nutrition chez les Arthropodes, par leur séjour dans les cavernes*, in: CR. Acad. Sc. Paris 24 Fevr. 1896; RAPHAËL DUBOIS, *Quelques faits relatifs à l'action de la lumière sur les protées des grottes de la Carniole*, in: Ann. Soc. Linn. Lyon, Vol. 39, 1892. Mit Bezug auf diese letzte Veröffentlichung möchte ich darauf aufmerksam machen, daß P. KAMMERER (in: Arch. Ent.-Mech., Vol. 33, 1912) übersehen hat, daß verschiedene von ihm angegebene Verhältnisse bezüglich der Pigmentierung von *Proteus* bereits von RAPH. DUBOIS im Jahre 1892 bekannt gegeben waren (Eintreten der Pigmentierung nach einer Exposition von geringer Dauer — „phénomènes induits“ —; Reversibilität der Pigmentierung im Dunklen; Ausbleiben der Pigmentierung in rotem Licht).

2) Vgl. die Lehre von BROWN-SÉQUARD über innere Secretion der verschiedenen Organe, z. B. der der Hoden, die von dem Verf. nicht erwähnt wird.

dung sekundärer Geschlechtscharaktere. Allein die sekundäre Geschlechtsverschiedenheit zeigt sich nur in einzelnen Organen. Die in diesem Fall zutage tretende Wirkung chemischer Substanzen gleicht also ganz der Wirkung des Lichtes. Es ist übrigens, wenn auch nicht wahrscheinlich, so doch möglich, daß der Einfluß des Lichtes auf die Organbildung nur ein indirekter ist, daß das Licht unmittelbar nur zur Bildung besonderer chemischer Körper führt, die ihrerseits erst die Organbildung veranlassen. In diesem Fall wäre die Übereinstimmung der Sexualstoffe und des Lichtes in ihrer Wirkung auf die Organbildung selbstverständlich. Für den Fall von *Eudendrium racemosum* müßten wir uns dann vorstellen, daß unter dem Einfluß des Lichtes Stoffe gebildet werden, die die Polypenbildung fördern und daß diese Stoffe im Dunkeln gar nicht oder nur in geringer Menge gebildet werden. Eine solche Vorstellung würde bekanntlich mit der SACHS'schen Theorie der Organbildung gut übereinstimmen.

Die irrige Vorstellung, daß ausschließlich innere Verhältnisse des Keimplasmas die Entwicklung bestimmen, führt zu einem schlimmen Fehler in der Physiologie der Organbildung, nämlich zu der Vernachlässigung des energetischen Standpunkts. Denn ohne Energiezufuhr von außen gibt es keine Entwicklung. Diese Energiezufuhr muß in bestimmter Form und Intensität (in bestimmten Grenzen) erfolgen. Bezüglich der Form ist für die Entwicklung Zufuhr von Wärmeenergie und chemische Energie (Nahrung, Spermatozoon bei Befruchtung) notwendig. Drittens ist für die Entwicklung einzelner Organe gewisser Tiere Energiezufuhr in Form von strahlender Energie bestimmter Wellenlänge (Licht) nötig. Außer dieser Energiezufuhr von außen kommen dann noch die inneren chemischen und molekularen Energieverhältnisse des Keimes und der entwicklungs-fähigen Gebilde in Betracht.

2. Darauf habe ich mich in einer Mitteilung: J. DEWITZ, Der Apterismus bei Insekten, seine künstliche Erzeugung und seine physiologische Erklärung (in: Arch. Anat. Physiol., physiol. Abt., 1902, p. 61—67) mit dem Fehlen von Organen (Flügeln, Augen, Pigment) beschäftigt. Es wurde dabei von mir Folgendes ausgeführt.

Vorkommen. Eine Anzahl von Insekten ist normalerweise gänzlich flügellos oder hat verkürzte Flügel. Es sind dieses hauptsächlich hochalpine Käfer, Inselinsekten, Insekten der Wüste, Höhlen-

bewohner, Parasiten und die Weibchen, seltener die Männchen gewisser Arten. Außerdem können bei manchen Arten ausnahmsweise ungeflügelte Individuen vorkommen (Cicaden, Wanzen).

Das Fehlen, die Verkürzung oder der verminderte Gebrauch der Flügel findet sich auch bei Vögeln und zwar unter ähnlichen Verhältnissen wie bei Insecten. So waren ausgestorbene Inselbewohner ungeflügelt. Von Inselvögeln gibt man an, daß sie nicht ziehen; ebenso von den alpinen Vögeln. Im Hochgebirge nimmt die Zahl der Standvögel zu und die der Zugvögel ab. Flügellos sind gewisse arktische und antarktische, auf Riffen und an der Küste wohnende Wasservögel. Im Gebiet der Wüste und Steppe ist der Strauß ein ungeflügelter Vogel. Die in Höhlen (Erdhöhlen, Baumhöhlen) lebenden Vögel (Eisvogel, Specht) haben auffällig kurze Flügel.

Mit dem Rudimentärwerden der Flügel der Insecten steht auch oft das der Augen im Zusammenhang. Wenn eines der Geschlechter augenlos ist, so ist es wie bei dem Fehlen der Flügel gewöhnlich das Weibchen. Bei den Feigeninsecten sind die Männchen apter und gleichzeitig auch blind. Zweitens kann das Rudimentärsein der Flügel von der Abnahme der Pigmentierung des Körpers begleitet sein, z. B. bei Höhlentieren.

Versuch. Ausgehend von der Annahme, daß die Rückbildung der Flügel durch die Verminderung der Oxydationsverhältnisse im Innern des Organismus veranlaßt wird, wurden Fliegenpuppen unter Luftverschluß gehalten, wobei Fliegen mit defekten Flügeln oder solche Fliegen entstehen konnten, die trotz des Vorhandenseins ausgebildeter Flügel nicht zu fliegen vermochten. Als Ursache dieser Erscheinung wurde Sauerstoffmangel und damit im Zusammenhange Intoxikation angenommen.

In einem anderen Versuch wurde Kälte angewandt. Bienenzüchter bemerken bisweilen, daß nach plötzlich eintretender Kälte im Stock Bienen mit atrophierten Flügeln auftreten. Aufzucht in der Kälte oder vorübergehende Abkühlung von Insectenlarven (Fliegenlarven, Raupen) hatte keine Wirkung bezüglich der Reduktion der Flügel. Als darauf Nester von *Polistes gallica* vorübergehend auf Eis gelegt waren, kamen zuerst normale Wespen, darauf solche mit ausgebildeten Flügeln, aber mit mangelndem Flugvermögen und schließlich Wespen mit Flügelstummeln aus. Auch normalerweise kommen Insecten¹⁾ vor, welche sich ihrer Flügel zum Fliegen wenig oder gar nicht bedienen.

1) Auch Vögel (vgl. oben).

Physiologische Erklärung. Am Anfange meiner Mitteilung sagte ich: „Da der Apterismus in so verschiedenen Insektenordnungen und unter so verschiedenen Verhältnissen angetroffen wird, so läßt sich von vornherein vermuten, daß in allen angeführten Fällen bestimmte Vorgänge im Organismus der Insekten durch die äußeren Verhältnisse beeinflußt werden. Diese Erscheinung beschäftigt mich schon mehrere Jahre und ich bin durch Abwägung der verschiedenen Umstände zu der Ansicht gelangt, daß eine Einschränkung der Oxydationsvorgänge im Organismus den Apterismus zur Folge haben kann.“ Weiterhin sagte ich: „Eine etwas naive Auffassung der biologischen Erscheinungen erklärt den Apterismus durch den Hinweis, daß er den betreffenden Insekten von Nutzen sei, weil diese sonst vom Gebirge herabgeweht oder in das Meer hineingetrieben werden würden. Ebenso zu verwerfen ist die Meinung — eine Meinung, welche die herrschende¹⁾ ist — daß die Insekten der Höhlen die Flügel verlieren, weil sie doch nicht fliegen könnten, und daß sie der Augen verlustig gehen, weil sie in der Dunkelheit doch nicht sehen könnten. Das Medium, welches das Innere der Höhlen bildet, wirkt wahrscheinlich in bestimmtem Sinne auf gewisse Prozesse im Organismus oder, um mich deutlicher auszudrücken, ich glaube, daß die innere Sekretion des Organismus durch das Medium beeinflußt wird und daß diese Veränderung der Sekretion auf die Ausbildung der Organe, in diesem Falle auf die Ausbildung der Flügel und Augen zurückwirkt.“ Was die blasse Farbe angeht, die gleichfalls Höhlenarthropoden auszeichnet, so wurde von mir festgestellt, daß die Verfärbung frischer, noch ungefärbter Fliegenpuppen durch eine Oxydase bewirkt wird und daß die Verfärbung²⁾ der Puppe verhindert wird durch Mittel, welche die Wirkung des Enzyms aufheben.

In ähnlicher Lage wie die Höhleninsecten befinden sich die parasitischen Insecten, welche größtenteils ohne Flügel sind. Die Insecten dieser Gruppe dürfen teils unter dem vergiftenden Einfluß der von der Haut ausgeatmeten Gase (vgl. BROWN-SÉQUARD et d'ARSONVAL, *Nouvelles recherches démontrant que la toxicité de l'air expiré ne dépend pas de l'acide carbonique* in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 108, 1889, p. 267) oder des Schweißes, teils unter dem Einfluß der eingesogenen reduzierenden Bestandteile des Blutes oder der Ge-

1) Der Aufsatz erschien 1902, also vor 14 Jahren.

2) Braune oder schwarzbraune, melanotische Verfärbung.

webssäfte stehen. Bei Binnenparasiten (Helminthen) ist die Wirkung dieser Faktoren noch viel stärker und die Rückbildung verschiedener Körperteile und Organe eine noch viel weitergehende.

Eine fernere Gruppe von Insecten mit reduzierten Flügeln sind die Weibchen vieler Arten.¹⁾ Aus allen biologischen Tatsachen geht aber unzweifelhaft hervor, daß bei dem weiblichen Organismus die respiratorischen Vorgänge der Gewebe im Vergleich zu denen im männlichen Organismus vermindert sind.²⁾ Solche befähigt auch den weiblichen Organismus unter entsprechenden Verhältnissen zu leben.³⁾ Denn es gibt nicht wenige Fälle, in denen das Weibchen allein ein parasitisches Leben führt, während die entsprechenden Männchen frei leben.

Was die Entstehung ungeflügelter Hymenopteren (Bienen, *Polistes*) durch Kälte angeht, so würden durch diese die im Organismus gebildeten Secrete, vielleicht Enzyme (*Oxydasen*), beeinflusst werden.⁴⁾

Bei den Vorgängen, bei denen es sich um die Entwicklungsphasen der Individuen oder um die Ausbildung oder Unterdrückung von Organen handelt, wird später die Wirkung von Secreten, die der Organismus bildet, erkannt werden.⁵⁾ Der formgebende Einfluß der Enzyme oder anderer vom Organismus gebildeter Secrete war bis dahin am besten mit Bezug auf die Geschlechtsorgane bekannt, da diese Secrete mit den den Geschlechtern eigenen sekundären Geschlechtseigentümlichkeiten im Zusammenhange stehen.⁶⁾

Der in Frage stehende Gegenstand wurde dann von mir in demselben Sinne in der folgenden Mitteilung (3.) behandelt, welche die

1) Hier handelt es sich also um innere Faktoren.

2) Vgl. u. a. MAURICE GIRARD, *Etudes sur la chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés et spécialement les insectes*, in: *Ann. Sc. nat.* (5), Zool., Vol. 11, 1869, p. 135—274. Nach diesem Autor ist bei manchen Schmetterlings-Arten die Körpertemperatur der Männchen höher als die der Weibchen.

3) So daß sich der gegebene physiologische Zustand des weiblichen Organismus mit den äußeren Verhältnissen im Gleichgewicht befindet.

4) In der Tat hindert Kälte die Tätigkeit der Tyrosinase, was sich durch Ausbleiben der Verfärbung frischer, noch weißer Fliegenpuppen zu erkennen gibt. Andererseits ist dieses Enzym in den Flügeln der Puppe und Nymphe lokalisiert; vgl. unten (3).

5) Der Aufsatz erschien vor 14 Jahren.

6) Nach der Lehre von BROWN-SÉQUARD von der inneren Secretion der Organe (Hoden usw.).

Fortsetzung der unter 2. angegebenen Mitteilung bildet. Hierbei verweise ich gleichzeitig auf die zeitlich voraufgegangenen Veröffentlichungen von mir, in denen sich bereits viele Dinge erwähnt finden (in: Arch. Anat. Physiol., physiol. Abt., 1902, p. 327 und 1902, p. 425; Zool. Anz., Vol. 28, 1904, p. 166; Arch. Anat. Physiol., physiol. Abt., Suppl., 1905, p. 389).

3. J. DEWITZ, L'aptérisme expérimental des insectes (in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 154, p. 386, 5. Februar 1912).

In einer vor 10 Jahren veröffentlichten Mitteilung wurde von mir der Versuch gemacht, den Mangel der Flügel¹⁾ bei Insecten zu erklären. Ich teilte damals einen Versuch mit, in dem ich durch Kälte flügellose Wespen von *Polistes* erhielt. Diesen Versuch habe ich später mit demselben Erfolg wiederholt. Gleichfalls durch Anwendung von Kälte erhielt ich Fliegen mit mehr oder minder verkürzten Flügeln. Erwärmung schien zu demselben Resultat zu führen. Es war notwendig, daß man die Puppen (Nymphen) behandelte. Denn Behandlung von Raupen oder anderer Insectenlarven führte nicht zum gewünschten Ziel.

Auf der anderen Seite konnte ich Puppen mit verkürzten oder ganz kleinen Flügelscheiden erhalten, wenn ich die zum Verpuppen reifen Raupen (*P. chrysorrhoea*) sich in einer Atmosphäre von Blausäure verwandeln ließ, welche die Wirkung hat, die Oxydation in den Geweben herabzusetzen.²⁾ Solche Puppen erinnern wegen ihres zylindrischen Körpers und der Kürze der Flügelscheiden an die weiblichen Puppen von Arten mit verkürzten Flügeln. Unter dem Einfluß des Blausäuregases bleibt außerdem die Chitinhaut weich und pigmentlos. Ähnliche Puppen konnte man erhalten, wenn man zur Verwandlung reife Raupen (*P. brassicae*) sich unter Luftabschluß verwandeln ließ.

Wenn man die Fliegenpuppen mit der ausgebildeten, aber farblosen Nympe im Innern oder frisch gebildete Schmetterlingspuppen in Alkohol oder Chloroform legt, so färben sich die Flügelscheiden braun und heben sich durch diese Farbe von dem weißen Körper ab. Das Auftreten dieser Farbe wird durch eine Oxydase (Tyro-

1) und anderer Organe.

2) Bereits 1900 hatte ich auf Grund von Untersuchungen und persönlichen Mitteilungen von J. GEPPERT, nach denen Blausäure die Fähigkeit der Gewebe, Sauerstoff aufzunehmen, herabsetzt, Versuche über den Einfluß von Blausäuregas auf die Verwandlung der Insecten mitgeteilt (vgl. in: Zool. Anz., Vol. 28, p. 166ff.).

sinase) veranlaßt, welche, nach dieser künstlich eingeleiteten Verfärbung zu urteilen, hauptsächlich in den Flügeln der Puppe lokalisiert ist. Vorhergehendes Kochen hebt die künstliche Färbbarkeit der Flügelscheiden auf.

Ich zog den Schluß, daß in den Fällen, in denen ich Insecten mit verkürzten Flügeln künstlich erhielt, die oxydierenden Enzyme infolge der Behandlung ungünstig beeinflusst waren.¹⁾

Bei Arten, bei denen ohne äußere Veranlassung das Weibchen verkürzte Flügel besitzt, muß man nach meiner Erklärungsweise annehmen, daß in dem weiblichen Organismus chemische Kräfte vorhanden sind, die die innere Oxydation vermindern und die im Wesen der Verschiedenheit der Konstitution der beiden Geschlechter liegen. Bei anderen Arten genügt es, daß die Larven parasitisch leben, damit die physiologischen Prozesse im weiblichen Organismus so tiefe Veränderungen erleiden, daß das Weibchen flügellos wird, während es dem männlichen Organismus gelingt, diese Wirkung der Intoxikation, die alle Parasiten erleiden, zu paralisieren.

In Übereinstimmung mit meinen Ausführungen in der ersten Mitteilung (2.) über das gleichzeitige Auftreten von Atrophierung von Flügeln, Augen und von Abnahme der Pigmentierung sagte ich zum Schluß: „Zum Schluß möchte ich hervorheben, daß in der Natur die Atrophie der Flügel oft von der des Auges und von der Verminderung des Pigments begleitet ist (Höhlentiere, Parasiten). Das Verschwinden des Pigments der Chitintteile (und vielleicht auch des Pigments des Auges) zeigt aber gerade, daß die oxydierenden Enzyme, die ursprüngliche Ursache der Pigmentierung, ihre normale Funktion verloren haben. Ich halte daher den Schluß für nicht gewagt, daß die drei Erscheinungen aus dem gleichen physiologischen Zustand des Organismus resultieren.“

Der Unterschied in der Auffassung von JACQUES LOEB (1.) und von mir (2. u. 3.) über die Vorgänge, welche das Fehlen von Organen, speziell des Auges, betreffen, läßt sich in folgender Weise ausdrücken.

J. LOEB: das Licht ruft das Organ (Auge) hervor, direkt oder

1) Für die Blausäure ist der hemmende Einfluß auf die Oxydase ohne weiteres sichtbar. Was die Kälte angeht, so stimmt hiermit folgende Beobachtung überein. Legte ich frisch gebildete, noch weiße Fliegenpuppen im Winter in das Freie (etwa 0° C), so war die durch die Oxydase bewirkte Braunfärbung der Puppenhülle sehr verzögert und konnte sich über Tage hinziehen (vgl. in: Arch. Anat. Physiol., physiol. Abt., Suppl., 1905, p. 395).

indirekt. Indirekt, indem es Substanzen erzeugt, die die Entwicklung des Organs veranlassen (Theorie von SACHS).

J. DEWITZ: die andauernde Abwesenheit des Lichtes kann in dem sich entwickelnden Organismus Verhältnisse schaffen, welche die Entfaltung der Anlage des Organs aufhalten oder rückgängig machen. Oder, bestimmter gesagt, der andauernde Lichtmangel kann den Chemismus des sich entwickelnden Organismus in der Weise ändern, daß sich Substanzen bilden, die die Entwicklung des Organs hemmen oder bereits Vorhandenes zurückbilden. Diese Änderung des Chemismus des Organismus betrifft besonders die Verminderung der inneren Oxydationsvorgänge. Daß das Licht nicht das Organ (Auge) hervorruft, ersieht man auch daraus, daß auch andere Einflüsse zu demselben Resultat führen können wie Lichtmangel. Aus den gleichartigen Resultaten darf man schließen, daß diese anderen Einflüsse den Chemismus des sich entwickelnden Organismus in gleicher Weise ändern wie die Abwesenheit von Licht.

Die Abwesenheit von Licht kann also den Chemismus des sich entwickelnden Organismus verändern und dadurch Unterdrückung des Organs bewirken. Dasselbe Resultat können auch andere Faktoren herbeiführen. Wie jedoch gewisse Fälle (weibliche Insecten — bei ihnen können nicht nur die Flügel, sondern auch die Augen fehlen —) zeigen, braucht diese Änderung des Chemismus nicht immer durch äußere Faktoren veranlaßt zu werden, sie kann auch durch innere verursacht werden.¹⁾

1) Hierzu möchte ich noch nachträglich hinzufügen: man darf nach meiner Meinung keinen Anstoß daran nehmen, daß dunkle Wohnorte (Höhlen, Tiefsee) nicht unter allen Umständen die Unterdrückung des Organs (Auges) herbeiführen. Denn es ist in der Natur eine allgemeine Erscheinung, daß unter bestimmten äußeren Verhältnissen gewisse Arten auf diese reagieren, während andere dies nicht tun. Der Organismus besitzt vielleicht in seinem Innern Faktoren, welche imstande sind, die durch äußere Einflüsse im Innern hervorgerufenen Änderungen abzu- schwächen oder aufzuheben (gewissermaßen Verteidigungsmittel). Wie oben gesagt, kann es vorkommen, daß die parasitische Lebensweise der Larve nur den weiblichen Organismus derart beeinflußt, daß das ausgebildete Weibchen flügellos wird, während der männliche Organismus diesen schädigenden Einfluß aufzuheben, sich gegen ihn zu verteidigen vermag. Solches ist auch bei den Höhlenkäfern *Machaerites* der Fall, bei denen nur die Weibchen blind sind (nach HAGEN; vgl. SEMPER, Existenzbedingungen, p. 101). Auch hier gelingt es dem männlichen Organismus, den schädigenden Einfluß der Umgebung aufzuheben. Weshalb soll daher nicht ein Gleiches Männchen sowie Weibchen von gewissen Arten gelingen,

Ich gelange nun zu der eingangs erwähnten Arbeit von J. LOEB, welche im Jahre 1915 erschienen ist und die Unterdrückung des Auges zum Gegenstand hat:

4. JACQUES LOEB. The blindness of the cave fauna and the artificial production of blind fish embryos by heterogeneous hybridization and by low temperatures (in: Biol. Bull., Vol. 21, July 1915, p. 50).

I. Aus dem Vorkommen von blinden Tieren in Höhlen kann man nicht den Schluß ziehen, daß Mangel an Licht die Ursache der Blindheit ist. Es kommen in Höhlen auch mit Augen versehene Tiere vor, und andererseits findet man blinde Tiere auch außerhalb von Höhlen im Licht. Die alte Annahme, daß der Nichtgebrauch der Augen in Höhlen zur Blindheit führt, erscheint daher zweifelhaft, und man muß die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß sich sowohl bei blinden Höhlentieren als auch bei blinden im Licht lebenden Tieren die Tendenz zur Blindheit unabhängig von der Gegenwart und Abwesenheit des Lichts entwickelt hat.¹⁾

II. Der Autor beabsichtigt darauf, kurz auf die Literatur einzugehen, welche Beobachtungen und Versuche über den Einfluß des Lichtes auf die Bildung des Auges behandeln. Es werden von ihm jedoch nur einige, vereinzelte Angaben über diesen Punkt gemacht. Er erwähnt außer seinen unter 1. aufgeführten Versuchen an *Eudendrium*, das im Dunkeln keine Polypen bildet, noch: F. PAYNE, der eine große Anzahl von Fliegen (*Drosophila*) im Dunkeln ohne Veränderung der Augen zog; UHLENHUTH, welcher die Transplantation von Augen von jungen Salamandern auf verschiedene Körperteile ausführte, wobei das Auge im Finstern regenerierte; KAMMERER, der infolge von Versuchen an jungen *Proteus* das Degenerieren der Augen von Höhlentieren dem Lichtmangel zuschreibt und von dem der Autor meint, daß er der einzige Autor sei, der an dieser alten Erklärungsweise festhält. Er übersieht dabei, daß P. KAPTEREW (in: Biol. Ctrbl., Vol. 32, 1912, p. 233) an Daphniden eingehende Versuche angestellt hat und auf Grund dieser die gleiche Ansicht aufrecht hält. Es werden von dem Autor dann noch die Versuche von STOCKARD u. McCLENDON erwähnt, welche durch Zufügung von

während es denen anderer Arten nicht gelingt? Diejenigen Arten, deren Organismus sich nicht verteidigen kann, werden blind; da, wo der Organismus dies vermag, erhalten sich die Augen.

1) Vgl. hierzu die unter 1. aufgeführte Erklärungsweise von J. LOEB.

Magnesiumsalz, Alkohol oder Nikotin Bildung von Cyclopenaugen bewirkten.

Der Autor teilt darauf mit, daß er in der vorliegenden (1915) Abhandlung die Resultate von Versuchen angeben will, welche er im Laufe des Jahres 1912 ausgeführt hat und welche zeigen, daß man bei Embryonen von *Fundulus* leicht die Augen degenerieren lassen kann durch andere Mittel als durch Mangel an Licht.

An heterogenen Fischembryonen bemerkte der Autor Mangel der Circulation und außerdem oft abnorme Entwicklung der Augen. Solche Embryonen machen oft den Eindruck, daß sie augenlos sind.

III. Hybridenembryonen *Fundulus* \times *Menidia* haben zu Anfang oft normale Augen, die bei weiterer Entwicklung mehr degenerieren.

IV. Der Autor sucht darauf degenerierte Augen von Embryonen von reiner Rasse (*Fundulus heteroclitus*) zu erzeugen. Er gibt an, daß er durch Zusatz von Blausäure, KCN (vgl. oben meine Versuche mit Blausäure zwecks Unterdrückung von Organen) zum Seewasser solche Embryonen erhalten hat, daß aber die Methode nicht zuverlässig ist. Eine bessere Methode besteht darin, daß man kürzlich befruchtete Eier für eine gewisse Zeit (24 Stunden) der Kälte (vgl. oben meine Versuche mit Kälte zwecks Unterdrückung von Organen) aussetzt.

Wenn andererseits Embryonen von *F. heteroclitus* in vollkommener Dunkelheit gezogen wurden, hatten sie normale Augen. Es war dagegen möglich, Embryonen von *Fundulus* mit degenerierten Augen zu erzeugen durch heterogene Hybridation, durch Kälte und durch Sauerstoffmangel (vgl. oben meine Angaben über den Zusammenhang von Ausfall von Organen und Beschränkung der inneren Oxydation).

Schließlich kommt der Autor auf die allgemeine Beurteilung der Entstehung blinder Tiere zurück.

Nichts. sagt er, zwingt uns zu der Annahme, daß blinde Höhlentiere ihre Blindheit dem Mangel an Licht verdanken, da andere Faktoren einen stark schädigenden Einfluß ausüben. Die Möglichkeit liegt daher nahe, daß die meisten, wenn nicht alle blinden Arten der Höhlentiere ihre Blindheit anderen Einflüssen als solchen der Höhle verdanken. Er ist der Ansicht, daß bei blinden Wirbeltieren der Höhlen eine erhebliche Störung in der Circulation oder Ernährung des Auges die Ursache der Rückbildung dieses Organs ist. Die Schwierigkeit, daß es in Höhlen mehr blinde Arten gibt

als im Licht, wird durch die Angabe von EIGENMANN beseitigt, nach der bestimmte Eigenschaften (Tropismen) der im Licht lebenden blinden Tiere diese in die Höhlen führen. Solches läßt die Ansicht ausscheiden, daß die Höhle die Tiere für das Höhlenleben anpaßt.

Der Autor meint ferner, daß alle Verhältnisse von blinden Formen in und außerhalb von Höhlen durch die Annahme von Mutationen ihre Erklärung finden könnten. Die blinden Formen wären dann das Resultat von im Keime liegenden Verschiedenheiten. Wenn solche Mutationen blinde Formen hervorgerufen hätten, würden diese in den Höhlen günstigere Lebensbedingungen finden (vgl. hierzu S. 233 die im Jahre 1896 geäußerte Ansicht des Autors: die irrige Vorstellung, daß ausschließlich innere Verhältnisse des Keimplasmas die Entwicklung bestimmen, führt zu einem schlimmen Fehler in der Physiologie der Organbildung, nämlich zur Vernachlässigung der Energiezufuhr von außen).

Es ist mir nun angenehm zu sehen, daß in der vorliegenden Untersuchung des Autors meine eigenen Methoden (Verminderung der Oxydation und Kälte) und Ansichten Bestätigung erfahren. Denn wie ich oben (2. und 3.) ausgeführt habe, hatte ich 1. darauf hingewiesen, daß Fehlen der Flügel, der Augen und der Pigmentation durch denselben physiologischen Zustand des Organismus veranlaßt wird, der aus der Herabsetzung der Oxydation resultiert; 2. hatte ich das Degenerieren der Flügel, welches von dem der Augen begleitet sein kann, durch Verminderung der Oxydation durch Blausäure und andererseits durch Anwendung von Kälte veranlaßt. Einen Hinweis auf meine zuerst früher (2.) und dann besonders auf meine in den ersten Wochen des Jahres 1912 erschienenen (5. Februar 1912) Mitteilungen (3.) vermisste ich aber in der Veröffentlichung des Autors, und ich bedaure, daß dieser von dem Brauch, das den Arbeiten anderer Entnommene auch äußerlich kenntlich zu machen, abgewichen ist. Durch dieses Verhalten trifft er meine Person. Was die Sache selbst angeht, so weise ich auf den Unterschied hin, der zwischen den jetzt (1915) und den früher (1896) geäußerten Ansichten des Autors besteht.

Zum Schlusse möchte ich solche Angaben anderer Personen anführen, welche sich mit meiner Anschauung von der Reduktion von Organen berühren, soweit mir solche bekannt geworden sind.

Vor langer Zeit fand ich in einer französischen naturwissenschaftlichen Revue die Angabe, daß nach J. G. NEEDHAM die Flügelform gewisser Insecten mit dem Sauerstoffgehalt des Aufenthaltsortes in Beziehung stehe. Es ist mir leider zurzeit unmöglich, jene Notiz aufzusuchen und auf diese Angabe hier einzugehen. Sie dürfte ungefähr vor 12 Jahren erschienen sein.

Ferner findet man eingehende Äußerungen über die uns hier beschäftigende Frage bei CARL F. JICKELI, Die Unvollkommenheit des Stoffwechsels, Berlin 1902, p. 258, Rückbildung. Diese Veröffentlichung dürfte nach meiner ersten Mitteilung (2.) erschienen sein, da, wie ich auf Grund einer mir freundlichst gegebenen Auskunft der Verlagsbuchhandlung weiß, das betreffende Heft des Arch. Anat. Physiol., physiol. Abt., zu Beginn des Jahres 1902 (12. Febr. 1902) zur Ausgabe gelangt ist, während das obige Werk von C. F. JICKELI im Laufe des Jahres 1902 veröffentlicht wurde (die Vorrede ist datiert vom 5. April 1902).

JICKELI führt aus, daß die Rückbildung eines Organs mit dem Nichtgebrauch nicht in Zusammenhang steht. Der Organismus hat sogar das in Rückbildung begriffene Organ nötig, und trotz des Gebrauches verschwindet es zum Schaden des Organismus. Solches kommt dadurch zustande, daß das Organ stark in Anspruch genommen, überlastet ist, daß eine Hypertrophie eintritt, wodurch der Stoffwechsel leidet und eine Vergiftung sich einstellt. Es ist eine von den Pathologen wiederholt erwähnte Tatsache, daß jedes Organ gerade auf der Höhe seiner Leistung am meisten der Gefahr einer Erkrankung ausgesetzt ist. Der Autor führt hierzu Beispiele an und fährt dann fort: „In allen diesen beispielsweise angeführten Fällen einer gesteigerten Funktion findet eine beschleunigte Ansammlung von jenen Stoffwechselprodukten statt, welche wir früher als die Veranlassung des funktionellen und des korrelativen Wachstums kennen gelernt haben und deshalb findet auch eine Wirkung statt, welche nicht nur zu einer gesteigerten Entwicklung, sondern darüber hinaus zu einer Vergiftung führt, die in jenem Symptomkomplex zum Ausdruck kommt, welchen man als Erkrankung, als Versagen von bestimmten Funktionen oder als eine Rückbildung unter den normalen Zustand bezeichnet. Was hier stürmisch erfolgt, findet in der phylogene-

tischen Entwicklung langsamer aber nicht weniger sicher statt. Jedes auf dem Wege phylogenetischer Entwicklung weiter fortgeschrittene Organ ist auch zugleich ein phylogenetisch mehr belastetes und vererbt diese Belastung auch auf die nächste Generation und diese so von Generation zu Generation steigende Belastung muß schließlich langsamer aber ebenso sicher dorthin führen, wohin jene beschleunigt angesammelten übermäßigen Belastungen geführt hatten, nämlich zum Versagen des Organs und zur Rückbildung (p. 273).“ JICKELI beschäftigt sich dann mit der Rückbildung einzelner Organe.

Metz, April 1916.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Geweihstudien auf Grund einer eigenartigen Hirschstangen-Abnormität.

Von

K. Toldt jun. (Wien).

Mit Tafel 5—6 und 2 Abbildungen im Text.

Abnorme Geweihbildungen haben in neuerer Zeit sowohl in Jägerkreisen als zum Teil auch in der zoologischen Wissenschaft an Interesse und Wertschätzung eingebüßt, mit Recht insofern, als es sich meistens um Abnormitäten handelt, die allgemein bekannte, häufig vorkommende Typen, wenn auch in den verschiedensten Varianten, darstellen und an welchen sich vorläufig keine neuen Gesichtspunkte für die Lehre vom Geweihaufbau ergeben. Dabei darf allerdings nicht außer acht gelassen werden, daß von vielen Abnormitäten die Entstehungsursache noch ganz unbekannt ist. Daß sich gelegentlich aber noch ein Fall findet, der als eine eigenartige Abnormitätentype erscheint und bei entsprechender Betrachtung auch für die allgemeine Morphologie der Geweihe sowie vom pathologischen Standpunkte aus von Interesse ist, beweist eine abnormale Abwurfstange eines Hirsches¹⁾, die sich im Besitz Sr. Exzellenz Graf HANS WILCZEK sen.,

1) Hier sei der Spruch des bekannten Augsburger Malers und Kupferstechers J. E. RIDINGER (18. Jahrh.) zitiert, den er unter eine Tafel setzte, auf der neben einem Hirsch mit mächtigem, monströsem Geweih ein Schadhirsch mit stark gewundenen, "nur mit der Augensprosse versehenen Stangen abgebildet ist:

des rühmlichst bekannten Förderers von Kunst und Wissenschaft, in Wien befindet und deren Untersuchung mir Se. Exzellenz gütigst gestattete. Die Eigenartigkeit ihrer Form und Oberflächenbeschaffenheit ließ eine eingehende Bearbeitung geboten erscheinen, um so mehr als in neuerer Zeit die Kenntnis vom Geweihaufbau erfreulicherweise wesentlich erweitert wurde (vgl. insbesondere HOFFMANN, A. RÖRIG, BOTEZAT, RHUMBLER) und in dieser Hinsicht weitere Beiträge wünschenswert sind. Die verschiedenen Differenzierungen der Geweihe bieten noch ein reiches Feld zu vergleichend morphologischen und entwicklungsmechanischen Betrachtungen. Ihr tatsächlicher Wert wird sich in manchen Fällen allerdings erst bei ausgedehnteren Studien erweisen (vgl. z. B. auch MATSCHIE).

Über die Herkunft dieser Stange verdanke ich Sr. Exzellenz folgende Angaben. Graf WILCZEK erhielt die Stange im Jahre 1913 von Sr. Exzellenz Graf BELA SZÉCHÉNYI. Sie wurde kurz vorher im Ungtale (in den Ost-Beskiden, nördl. Ungarn) nicht weit von der Stadt Ungvár (im Komitat gleichen Namens) an einem Bache unterhalb einer Jagdhütte aufgefunden. Die Hirsche erfreuen sich in dieser gebirgigen und walddreichen Gegend einer vorzüglichen Äsung und sind von guter Konstitution. Im allgemeinen werden dortselbst zwei Rassen unterschieden, die schweren Karpathenhirsche und die geringeren polnischen Hirsche. Geweihabnormitäten kommen selten vor.

Die Stange, die sich in einem guten Erhaltungszustande befindet, stammt offenbar von einem rezenten Edelhirsch. Wann dieser gelebt hat, läßt sich nicht annähernd sagen. Im Freien dürfte die Stange nicht sehr lange gelegen haben, denn sie ist nicht stark verwittert und weist noch ziemlich sichere Reste der braunen Oberflächenfärbung auf. Stellenweise ist sie von Nagetieren benagt. Vor der erwähnten Auffindung hat sie sich offenbar schon einmal in Menschenhand befunden, denn sie zeigt mehrfach alte Schnittspuren.

Ihre ganz ungewöhnliche Form wird durch eine Reihe von Eigentümlichkeiten bedingt, von welchen viele gelegentlich einzeln in mehr oder weniger ausgeprägter Weise bei verschiedenen Cerviden-

„Wer mit Vernunft die Seltenheit von diesen zweije Hirsch-Geweih betracht,

Der find und sieht, dass der Schöpfer der Geschöpfe täglichs tag noch neue macht.“

Geweihen zu beobachten sind; durch eingehendes vergleichendes Studium wird sie daher in vieler Hinsicht verständlicher. Ganz im allgemeinen sei über diese 84,5 cm lange Stange (Taf. 5 Fig. 1) zunächst bemerkt, daß sie mit Ausnahme der rudimentären Augensprosse und einer Andeutung von Endgabelbildung keine eigentlichen Sprossen besitzt, wohl aber eine relativ große Zahl von Höckern, die als unterdrückte Sprossen zu deuten sind. Sie stellt daher im ganzen eine unverzweigte einheitliche Stange dar. Dabei ist sie mit Ausnahme des gewöhnlich gestalteten apicalen Endes nach einer Seite hin (nach vorn) stark keilförmig komprimiert und bildet hier eine ziemlich scharfe Kante. Die entgegengesetzte, hintere Schmalseite ist dagegen breit abgerundet. An beiden Schmalseiten finden sich ungleichmäßig verteilt die Höcker, welche eine verschiedene Größe und Form besitzen. Die Stange ist den Schmalseiten nach ziemlich stark nach hinten (in bezug auf die allgemeine Orientierung der Stange mehr medial) gebogen und außerdem an der Vorderkante im basalen Teil nach außen, im apicalen Teil nach innen gedreht. Der ganzen Form nach erinnert sie etwas an das Horn einer Wildziege. Von besonderem Interesse ist der Reichtum und der eigenartige Verlauf der Gefäßfurchen an der Stangenoberfläche. Die vordere Kante ist subapical eine Strecke weit sequestriert (Totenlade). — Gelegentlich der Besprechung der Oberflächenfärbung der Stange wurde ferner die allgemeine braune Hirschgeweihfärbung nach vorläufigen mikrochemischen Untersuchungen des Herrn Prof. H. MOLISCH kurz erörtert. Auch zu anderen, die Geweihbildungen im allgemeinen betreffende Fragen wurde fallweise Stellung genommen (Eissprossen, Markierkämme, Pfeilerbildungen bzw. aus Geweihebenen vortretende Sprossengebilde u. a.).

Es war mir naturgemäß nicht möglich, die ganze umfangreiche und weitverstreute Literatur zoologischer, paläontologischer und jagdlicher Richtung durchzusehen. Immerhin habe ich mir einigen Einblick verschafft und bemerke vorläufig nur, daß ich in den Publikationen von R. v. DOMBROWSKI, V. MOJSISOVICS, A. B. MEYER, V. SCHELER, NITSCHKE, RADDE, RAESFELD, STÖRMER, K. BRANDT, A. RÖRIG, BOTEZAT, SCHÄFF, HOLDING u. A. keinen ähnlichen Fall auffinden konnte. Vielfach ist allerdings die Beschreibung eine allzu kurze. Ferner war ich bestrebt, ein möglichst großes Geweihmaterial zu vergleichen, und habe endlich eine Anzahl Sachkundige zu Rate gezogen; auch auf diese Weise wurde mir nichts übereinstimmendes bekannt. Wenn es gleichwohl keineswegs ausgeschlossen ist, daß

sich da und dort ein ähnliches Objekt befindet oder auch besprochen ist, so haben wir es jedenfalls mit einem äußerst seltenen Vorkommnis zu tun.

Bezüglich der Behandlung morphologischer Einzelheiten sei hervorgehoben, daß die Hinweise auf die Abbildungen anderer Autoren oft nur anzeigen sollen, daß etwas dem jeweiligen Gegenstand der Erörterung ähnliches vorzuliegen scheint und zu weiterem Vergleich heranzuziehen wäre. Denn bei derartigen Geweihstudien genügen die zumeist stark verkleinerten Abbildungen zur richtigen Beurteilung in der Regel nicht, sondern es bedarf der Untersuchung des Objekts selbst. — Auf ein eingehendes vergleichendes Studium der verschiedenen Cerviden-Arten konnte ich mich nicht einlassen.

Bevor ich zur eigentlichen Besprechung übergehe, gestatte ich mir sämtlichen Herren, die mich bei diesen Studien in verschiedenster Hinsicht unterstützt haben, meinen verbindlichsten Dank öffentlich auszudrücken und zwar in erster Linie Sr. Exzellenz Graf HANS WILCZEK, dann insbesondere den Herren Hofrat Prof. A. KOLISKO, Direktor Prof. L. LORENZ R. v. LIBURNAU, Prof. H. MOLISCH und Prof. J. SCHAFFER, ferner den Herren J. BRIX, Prof. F. HOCHSTETTER, Kustos Dr. K. R. v. KEISSLER, Prof. R. KIENBÖCK, Kustos Dr. R. KÖCHLIN, Dr. W. RIEGLER, Prof. S. v. SCHUMACHER (Innsbruck) und Prof. R. R. v. WIESNER.

Die Abhandlung zerfällt in folgende Kapitel:

1. Allgemeine Form- und Größenverhältnisse. Biegung. Drehung. Eissprossen, Auswärtswendung der Mittelsprosse und Kambbildungen in der Augensproßbucht bei Edelhirschgeweihen. Querschnittsumrisse, Abplattung bzw. kantige Ausziehung der Vorderseite. Abwurfffläche. Rose.

2. Die Sprossen- bzw. Höckerbildungen. Seitenwülste bzw. -pfeiler. Totenlade (mit einem Gutachten des Herrn Hofrat Prof. A. KOLISKO).

3. Die Gefäßfurchen an der Stangenoberfläche.

4. Wie war die Stange am Hirschkopf orientiert?

5. Über die Strukturverhältnisse.

6. Über die Oberflächenfärbung der Hirschgeweihe im allgemeinen (mikrochemische Untersuchung von Herrn Prof. H. MOLISCH) und der vorliegenden Stange im besonderen.

7. Bemerkungen über die Natur der Stangenabnormität.

8. Zusammenfassung.

1. Allgemeine Form- und Größenverhältnisse. Biegung. Drehung. Eissprossen, Auswärtswendung der Mittelsprosse und Kamm-bildungen in der Augensproßbucht bei Edelhirschgeweihen. Querschnittsumrisse, Abplattung bzw. kantige Ausziehung der Vorderseite. Abwurffläche. Rose.

In welcher Weise die Stange am Kopf orientiert gewesen sein mag, wird später (Kap. 4) eingehender erörtert werden. Hier sei nur bemerkt, daß sie offenbar eine linksseitige ist und daß mit Rücksicht auf die Formverhältnisse im basalen Teile die scharfkantige Schmalseite als vordere, die abgerundete als hintere zu bezeichnen ist; weiter nach oben zu kommt infolge einer Drehung der Stange die erstere annähernd lateral, die letztere medial zu liegen. Dementsprechend ist die basal mediale Breitfläche weiter oben nach vorn, die basal laterale nach hinten gerichtet. Gegen den Spitzenteil zu dreht sich die Stange wieder etwas nach innen (Taf. 5 Fig. 1).

Zur Erleichterung der Darstellung teile ich die Stange von der Rose an der Länge nach in vier ziemlich natürlich abgrenzbare Abschnitte *A*, *B*, *C*, *D*, und bezeichne in derselben Reihenfolge die Sprossen bzw. deutlichen Höcker an der Vorderkante mit *I—16* und die der Hinterseite mit *I—III*. *A* reicht bis zu *H* (Höcker) 6, woselbst die starke von der Basis an bestehende Außendrehung der Vorderseite der Stange nahezu beendet ist. Abschnitt *B* erstreckt sich bis zu *H*10, ist nicht gedreht und zeigt die Haupteigentümlichkeiten der Stange in einfacher Weise. *C* reicht bis zur Gabelzacke, *H*16, und ist durch Sequestration entlang des Vorderrandes sowie durch die Höckerbildungen an der Hinterseite gekennzeichnet. Der oberste Abschnitt *D* bildet von der Gabelzacke an das ziemlich normal gestaltete Stangenende.

Die direkte Länge (Hinterrand der Rose bis Stangenspitze) der segmentbogenartig verlaufenden, 1,35 kg schweren Stange beträgt 845 mm, der Bogen an der hinteren (in bezug auf die allgemeine Orientierung der Stange mehr medialen), konkaven Seite 892 mm (mit Ausschluß der Höcker). Der äußere, konvexe Bogen (Vorderkante) ist nicht nur wegen der Breite der Stange, sondern auch wegen des geschweiften Verlaufes der Kante beträchtlich länger, 983 mm. Der Bogen an sich ist kein gleichmäßiger, sondern steigt im basalen Teil stärker an als in dem sich mehr verflachenden Apicalteil. Die größte Segmenthöhe fällt daher nicht in die Mitte der Segmentbasis, sondern etwas proximal, etwa 80 mm

davon (ungefähr an den proximalen Beginn des I. Hinterhöckers); sie beträgt bis zur konkaven Seite gemessen ungefähr 138 mm.

In dieser Biegung der Stange besteht insofern ein wesentlicher Unterschied gegenüber den normalen Edelhirschgeweihen, als sie bei den letzteren eher entgegengesetzt ist. Denn an den normalen Stangen ist ihre durch besonders starke Gefäßfurchen ausgezeichnete hintere Partie bekanntlich nicht konkav, sondern infolge der kompensatorischen Krümmungen (s. u.) mehr oder weniger konvex. Die Krümmung unserer Stange entspricht mehr der medialen Konkavität derselben. So ist auch z. B. bei einem mir vorliegenden Edelhirschgabelgeweih eine starke Gefäßfurche hinten, also an der konvexen Seite gelegen, während eine zweite mehr medial und damit bereits in der Konkavität verläuft. Auch mit den Krümmungsverhältnissen anderer Cerviden-Geweihе, wie der hier am ehesten in Betracht kommenden Geweihе des Elch und Damhirsches, läßt sich diese Krümmung nicht in Übereinstimmung bringen.

Im vorliegenden Falle treffen die Ausführungen RHUMBLER's d nicht zu, daß bei den Hirschgeweihen mit der Prävalenz der Blutversorgung an einer Stangenseite ein rascheres Wachstum der letzteren einhergeht und in der Konvexität der betreffenden Stangenseite zum Ausdruck kommt; denn Krümmung und Gefäßfurchenverlauf verhalten sich hier gerade entgegengesetzt. Man müßte daher annehmen, daß während der Entwicklung dieser Stange abnormalerweise andere, stärkere Kräfte bzw. Hemmungen in entgegengesetztem Sinne wirksam waren (vgl. die bei unserer Stange quer gegen den Vorderrand bzw. zu den Sprossenansätzen verlaufenden Gefäßfurchen, ferner die Krümmungs- und Drehungsverhältnisse der Hörner von Wildziegen und Steinböcken).

Von Interesse ist die Biegung unserer Stange ferner hinsichtlich der Geweihgestaltungsregel von HOFFMANN, welche besagt, daß die Ablenkungen der Verlaufsrichtung, welche die Edelhirschstangen durch den bereits von BLASIUS erkannten „Knick“ gegenüber dem Ansatz der Sprossen erleiden würden, jedesmal durch die nach vorn gerichtete „kompensatorische Krümmung“ des folgenden Stangenstückes ausgeglichen werden; dadurch kommt der charakteristische wellenförmige Verlauf der sprossentragenden Edelhirschstangen zustande. Der Verlauf der vorliegenden Stange wird, abgesehen von den später zu erörternden Verhältnissen an der Endgabelverzweigung und allenfalls im Augensprossengebiet, weder durch Knicke noch durch kompensatorische Krümmungen beeinflusst; sie fehlen

offenbar infolge der mangelhaften Ausbildung der Sprossen und wegen der Verbreiterung der Stange. Diese konnte daher einen gleichmäßigeren Verlauf nehmen, und die ziemlich einheitliche Krümmung nach hinten kann allenfalls durch die verhältnismäßig große und ungleichmäßige Wachstumsenergie des Vorderteiles, welche sich in seiner kantigen Ausbreitung und in den zahlreichen Höckerbildungen äußert, erklärt werden. An der Hinterseite liegt die Kulmination des (konkaven) Bogens knapp unterhalb des ersten Hinterhöckers; der apical folgende, vorne sequestrierte Abschnitt, der an beiden Schmalseiten Höckerbildungen aufweist, erscheint nur schwach gebogen, zum Teil vielleicht eine Ausgleichung infolge des Auftretens der hinteren Höcker. — Eine verborgene Tendenz zu Knickbildungen könnte man sich etwa so vorstellen, daß infolge der zahlreichen Höckerbildungen die der Verkümmerng der Sprossen entsprechend schwachen Knicke in der einheitlichen Bogenkrümmung nach hinten zusammengefloßen erscheinen; die kompensatorischen Krümmungen nach vorne konnten aber infolge der kurzen Intervalle zwischen den Höckern nicht zur Entwicklung gelangen. BOTEZAT a ist geneigt, das Fehlen der Knicke bei einem von ihm besprochenen Edelhirschgeweih mit schaufelförmig verflachten Stangen auf die Verflachung zurückzuführen. Hier vermochten offenbar die wohlausgebildeten Sprossen während der Entwicklung durch die ganze Tiefe der Verbreiterung hindurch auf den entgegengesetzten Stangenteil nicht mehr genügend stark einzuwirken.

Die Querwölbung der Breitseiten unserer Stange ist im allgemeinen an der äußeren ein wenig stärker als an der inneren.

Gleich von der oberen Seite der kurzen Augensprosse an beginnt die starke Verbreiterung bzw. Abplattung der Stange in Gestalt einer kantigen Ausziehung ihrer Vorderseite nach vorn (Taf. 6 Fig. 4). Während die Hinterseite also wie gewöhnlich der Quere nach gerundet ist und nach vorn anschließend der eigentliche achsiale Stangenteil folgt, bildet die Vorderseite einen ziemlich hohen und schmalrandigen Kamm. Diese im Querschnitt langgestreckt birnförmige Form (Taf. 5 Fig. 2a—c) würde im unversehrten Zustande unter allmählicher Verjüngung nahezu bis zur Basis der Endgabel angehalten haben. In einer Stangenhöhe von etwa 410 mm (bei *H10*) beginnt jedoch an der Vorderkante eine offenbar durch einen Eiterungsprozeß entstandene breite und tiefe Rinne, welche nahezu bis zur Endgabel hinaufreicht (Taf. 6 Fig. 7).

Der Endteil der Stange von der Gabelbasis an hat dagegen eine normale, annähernd drehrunde Gestalt. Weiteres über die Abplattung folgt später (S. 257).

Der vordere verbreiterte Teil der Stange erfährt knapp oberhalb der Augensprosse eine ziemlich starke Drehung nach außen (in bezug auf die Orientierung der Stange vom Schädel aus nach links), die besonders an der Kante zum Ausdruck kommt (Taf. 5 Fig. 1 und Taf. 6 Fig. 4). Letztere ist bereits in der Stangenhöhe von etwa 200 mm, oberhalb von *H6*, um nahezu 90° nach außen gedreht. Diese Drehung erscheint an normalen Edelhirschgeweihen insofern angedeutet, als die Mittelsprosse gegenüber der Augensprosse in der Regel etwas nach außen verlagert ist (vgl. auch die Außendrehung der Mittelsprosse beim Damhirsch, RHUMBLER c). Beim Edelhirsch handelt es sich dabei weniger um eine eigentliche Drehung der Stange (s. u.) als um eine Auswärtswendung insbesondere des proximalen Teiles der Mittelsproßbasis. Da die Kantendrehung an unserer Stange an *H6* das Maximum erreicht und dieser verhältnismäßig stark ausgeprägt ist, entspricht er möglicherweise der Mittelsprosse. Die Entfernung zwischen dieser und der Rose wäre dann aber, wohl in Zusammenhang mit der Abnormität im ganzen, eine relativ kleine (Taf. 5 Fig. 1). Auch an Geweihen mit nur einseitig entwickelter Eissprosse ist, wie ich mich überzeugt habe, der Abstand zwischen Augen- und Mittelsprosse an der Stange mit der unterdrückten Eissprosse mitunter wesentlich kürzer als an der mit wohlentwickelter Eissprosse. Manchmal ist der Abstand aber auch gleich, oder die Verhältnisse liegen umgekehrt. Nach RÖRIG a III kommt es ferner bei Abplattungen zylindrischer Geweihstangen vor, daß sich die Ansatzstellen gewisser Sprossen hinsichtlich ihrer Höhenstellung verschieben.

Die Auswärtswendung der Basis der Mittelsprosse bei den Edelhirschgeweihen entspricht in gewisser Hinsicht der oft allerdings stärkeren seitlichen Lage der Eissprosse. Das zeigt besonders ein mir vorliegendes Hirschgeweih aus Steiermark (Wiener Hofmuseum No. 137), bei welchem der kräftig ausgeprägte frontale Kamm (die „besonderskräftige Rillenwand“ RHUMBLER's d) am Stangenschaft zwischen der Augen- und Mittelsprosse bis in die Höhe der Mitte der Basislänge der Mittelsprosse hinaufreicht (Textfig. Aa). Dabei kommt die Mittelsproßbasis ebenso wie die Abgangsstelle der Eissproßzacke außen vom Frontalkamm zu liegen. Dagegen fällt letzterer mit der Augensprosse in eine Richtung und setzt sich auf die Oberseite der-



Fig. Aa. Rechte Stange (Endgabel weggelassen) eines *Cervus elaphus* L. aus Eisenerz (Steiermark), Wiener Hofmuseum No. 137, von vorn und etwas von innen gesehen. Innerhalb der Eissprosse der frontale Kamm, der einerseits auf die Augensprosse andererseits weit nach oben bis in die Höhe der Mitte der Basislänge der Mittelsprosse zieht. Diese liegt wie die Eissprosse außerhalb des Kammes. Beide Sprossen treten in ähnlicher Weise aus dem Stangenschaft hervor; die Basis der Mittelsprosse ist aber etwas mehr nach außen gewendet und die kurze, gerade Eissprosse etwas steiler nach oben gerichtet. — b Linke Stange desselben Hirsches. Frontalkamm (medial) gleichfalls deutlich entwickelt, jedoch weniger weit nach aufwärts reichend. Oberhalb der Augensprosse, lateral von diesem Kamm, statt der Eissprosse ein zweiter Kamm (Eissproßkamm), der aus einem von der Rose aufsteigenden Wulst hervorgeht und zunächst etwas schräg gegen den Frontalkamm zieht; dann verläuft er in kurzem Abstand parallel zu diesem und hört bald auf. Das Gebiet zwischen beiden Kämmen ist grubig bzw. rinnenförmig vertieft. 0,25 : 1.

selben fort. In geringerem Maße läßt sich das auch an anderen Geweihen erkennen. Übrigens variieren die Lageverhältnisse der Abgangsstellen der Eis- und Mittelsprosse sehr. So liegt auch jene der Mittelsprosse nicht selten weiter lateral als die der Eissprosse; dabei ist erstere Sprosse oft auch mehr nach außen gerichtet. Der seitliche Abgang der Eissprosse ist demnach kein für diese spezifischer, und damit entfällt ein wichtiger Beleg für RHUMBLER'S d Ansicht, daß die Eissprosse der Anlage eines zweiten Geweihes entspricht. Bezüglich des gewiß vielfach eigenartigen Verhaltens der Eissprosse¹⁾ ist in erster Linie wohl zu berücksichtigen, daß sie nebst der mächtigeren Augensprosse noch direkt mit der Stangenbasis in Beziehung steht (das späte Erscheinen der Eissprosse läßt sich zum Teil wohl mit der Zunahme des Basisumfanges der Stangen der neuen Geweihe bei fortschreitendem Alter des Hirsches erklären; gleichzeitig erscheint sie gewissermaßen als Gegengewicht zur Krone) und an einer Gabelbucht, zwischen Augensprosse und Stangenschaft, liegt. Ähnliche Verhältnisse finden sich ab und zu auch an Kronen (s. auch Kap. 2 u. 3).

Der frontale Kamm ist sowohl in bezug auf den Grad seiner Erhebung (meistens ist er auch mehr oder weniger abgewetzt) als auch hinsichtlich seiner Längenausdehnung sehr verschieden entwickelt. Zumeist stellt er nur eine mäßig lange, stumpfkantige Erhebung etwas medial an der Vorderseite des auf die Augensprosse zunächst folgenden Schaftstückes dar. Oft setzt er sich mehr oder weniger weit auf die Oberseite der Augensprosse fort und bildet so den Bindefirst der Augensproßbucht. Andererseits verläuft er mehr oder weniger weit den Schaft hinauf, mitunter, wie im obenerwähnten Fall, bis zur Mitte der Länge des Mittelsproßansatzes; manchmal geht er auch auf den vorderen Teil der Unterseite der Mittelsprosse über (über die innere Beschaffenheit eines Stangenstückes mit frontalem Kamm vgl. Kap. 5). Der frontale Kamm ist wohl zu unterscheiden von jener Kantenbildung, welche bei Abwesenheit der Eissprosse eine Andeutung derselben darstellt. Dieser Eissproßkamm liegt, wenn beide Kanten ausgeprägt sind (Textfig. A b), etwas lateral von der Frontalkante. Das mehr oder weniger eingesenkte, apical sich allmählich verschmälernde Zwischenfeld zwischen beiden

1) Auch BOTEZAT a hat sich mit der Eissprosse eingehender befaßt und schreibt von ihr u. a.: „Sie ist eine unwesentliche oder akzessorische Sprosse, welche jedoch die Bedeutung der primären wesentlichen Sprossen erlangt hat. . . .“

Kanten ist 1—2 cm breit. Wenn man sich dasselbe ausgefüllt oder mehr oder weniger vorgetrieben vorstellt, so daß die ihm zugekehrten abfallenden Wände der beiden Kanten verstrichen sind, erscheinen die Kanten, was öfter vorkommt, nur mehr einseitig an ihrer äußeren Seite (beim Frontalkamm medial, beim Eissproßkamm lateral) durch eine mehr oder weniger deutliche Abschrägung markiert. Wenn auch diese Abschrägungen ausgeglichen sind, ist diese Stelle, wie der Stangenschaft, im allgemeinen quengerundet; doch ist der Frontalkamm meistens angedeutet. — An der Frontalkante können übrigens auch sprossenartige Erhebungen auftreten, so offenbar in dem von MATSCHIE abgebildeten Fall je eine solche an der Basis der Augensprosse und an ihrem weit nach oben reichenden Ende, an der Basis der Mittelsprosse. Überhaupt dürften hierher die meisten „akzessorischen Eissprossen“ (MOJSISOVICS a, b, c) gehören, insofern sie vorn in der Mittellinie des Schaftes liegen, vgl. auch MEYER, tab. 12 und 24, STÖRMER tab. 10 und 19b, RÖRIG a III u. A. — Nach POHLIG a sind 1 oder 2 rudimentäre oder wohlentwickelte Beizinken am Stamm neben der Augen- und Eissprosse bei den diluvialen Edelhirschen und beim rezenten kanadischen Hirsch im Gegensatz zu den rezenten europäischen Edelhirschgeweihen eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Vgl. weiter das hyperplastische subfossile, im Serethflusse (Bukovina) angeschwemmt gefundene Geweih eines Edelhirsches, an dessen linker Stange sich zwischen Eis- und Mittelsprosse an der Innenseite eine akzessorische Sprosse befindet, die ungefähr parallel mit der Stange nach aufwärts verläuft und wegen ihrer besonderen Dicke und Länge einer dritten Stange gleicht (BOTEZAT b, p. 604).

Wir haben also im allgemeinen im Bereiche der Gabelbucht der Augensprosse zwei gelegentlich vorkommende Kammbildungen zu unterscheiden, von welchen die laterale sehr häufig einen wohlentwickelten Sproß, die Eissprosse, differenziert; ihre Basis greift dabei mehr oder weniger weit in das Zwischenfeld hinein und kann die frontale Kante erreichen und in sich aufnehmen. Im letzteren Falle haben sich gewissermaßen beide Kanten mitsamt dem Zwischenstücke (starke Vortreibung desselben s. oben) an der Sprossenbildung beteiligt, doch scheint diese in erster Linie vom Eissproßkamm auszugehen (vgl. auch die Ausführungen RHUMBLER's über das Streben der Eissprosse, sich in die eigentliche Geweihebene hineinzudrängen). Die frontale Kante erzeugt selbständig selten und vielfach nur rudimentäre Sprossen. Vielleicht ist übrigens auch manche gut entwickelte

Eissprosse direkt mit dem Frontalkamm in Beziehung zu bringen besonders wenn sie stark frontal gelegen ist. Alle diese Verhältnisse wären einer besonderen vergleichenden Untersuchung wert.

Kehren wir nun zu unserer Stange zurück. Von *H6* an verläuft die Vorderkante ziemlich gerade mit einer schwachen Tendenz zur Einwärtsdrehung. Diese ist gegen das Ende des sequestrierten Kantenstückes eine ausgesprochenere, so daß das kurze Kantenstück zwischen diesem und der Gabelzacke wieder annähernd in die Richtung des Augensprosses fällt (Taf. 5 Fig. 1). Bis zu einem gewissen Grade erscheint auch diese Drehung an normalen Geweihen angedeutet, indem die vordere Kronensprosse im Verhältnis zur Mittelsprosse oft wieder etwas weiter einwärts entspringt.

Im ganzen macht somit die Drehung des Kantenteiles der Stange den Eindruck, als wäre er zwischen den fixen Endpunkten, Augensprosse und Endgabel, nach außen umgelegt.

An der Hinterseite ist die Stangendrehung im unteren, ungefähr dem stark gedrehten Stück der Vorderkante entsprechenden Teil durch den oberhalb der Rose beginnenden, etwas nach außen neigenden Verlauf der kräftigen Gefäßfurchen angedeutet (Taf. 6 Fig. 6). Diese Schweifung der Furchen wird zum Teil auch dadurch hervorgerufen, daß die Gefäßfurchen, welche knapp nebeneinander von der Rose abgehen, oberhalb derselben sofort in etwas weitere Abstände auseinanderweichen. Dabei erlangen besonders die gegen die mediale Breitseite zu gelegenen Furchen nach dieser hin eine schwache Ablenkung und tragen zum geschweiften Aussehen der Furchung wesentlich bei. Weiterhin verlaufen diese Furchen im allgemeinen longitudinal; nur gegen die Endgabel zu neigt sich die am meisten lateral gelegene Furche entsprechend der Einwärtsdrehung der Vorderkante ziemlich stark nach vorn (Taf. 6 Fig. 8; s. a. Kapitel 3). — An normalen Geweihen kommen übrigens ganz ähnliche Verhältnisse vor.

RÖRIG a II hat bereits die Vermutung ausgesprochen, daß die Geweihstangen im allgemeinen in apicaler Richtung spiralig auswärts gedreht sind. HOFFMANN kam ferner hauptsächlich wegen des Verlaufes der Hauptgefäßfurchen zu dem Ergebnis, daß bei gewissen Hirsch-Arten (so auch bei fossilen, RÖRIG a I) eine Drehung der Stangen stattgefunden hat, welche eine Verschiebung bestimmter Sprossen von ihrer ursprünglichen Lage um die Stangenachse, z. B. von vorn nach außen oder hinten, zur Folge hatte. RHUMBLER c

schreibt dieser Gestaltungsregel auf Grund von Studien am Damhirschgeweih ein wesentlich geringeres Ausmaß zu als HOFFMANN. Das Geweih des Edelhirsches gehört nach letzterem zu den ungedrehten (vgl. die obigen Ausführungen). Unser Fall ist abgesehen von der starken Drehung auch deshalb bemerkenswert, weil die Stange nicht ihrem ganzen Umfange nach gleichmäßig von der Drehung betroffen wird, sondern hauptsächlich nur im vorderen, abnormal kantig ausgezogenen Kantenstück; der hintere, eigentliche axiale Teil erscheint dagegen kaum gedreht. Übrigens tritt bei derartigen einseitig kantigen gedrehten Formen, wie z. B. auch bei gewissen Ziegenhörnern, die Drehung an der scharfen Kante naturgemäß auffälliger in Erscheinung als an der abgerundeten Hinterseite.

Nun sei die Besprechung über die Abplattung fortgesetzt (vgl. S. 251).

Zunächst Näheres über die Querschnittsumrisse, insofern sie nicht durch die Totenlade betroffen sind. Die Abwurfffläche (mitsamt der Rosenumgrenzung) ist ziemlich stark oval gestreckt und zwar senkrecht zur Abflachung der Stange (Taf. 5 Fig. 3). Der Längen- und Breitendurchmesser beträgt ohne die unregelmäßig stark ausgeprägten Rosenvorsprünge 58 bzw. 47 mm, mit diesen 66 bzw. 50 mm. Erstere Maßverhältnisse gelten auch noch für den Querschnittsumriß des kurzen Stangenstückes vor der Augensprosse. Unmittelbar oberhalb derselben beträgt der Längendurchmesser aber schon 77 mm, da die Stange hier im Anschluß an die obere Seite der Augensprosse bereits im stärksten Grade nach vorn kantig ausgezogen ist. Die Oberseite der Augensprosse geht in diese Kante unvermittelt über und ist wesentlich kürzer als die Unterseite, die knapp oberhalb der Rose von dem noch ovalen Stangenstück aufsteigt (direkte Entfernung der Augensproßspitze vom proximalen Basisende der Sprosse 54 mm, vom distalen 36 mm). Der Querdurchmesser der Stange ist dagegen annähernd der gleiche geblieben. Von hier an verändert sich der Längsdurchmesser der Stange auf einer Strecke von etwa 190 mm (entlang der Kante mit Umgehung der Höcker gemessen) nicht wesentlich, dann (nach *H6*) wird er zunächst nur ganz allmählich etwas kürzer, und nach ungefähr 90 mm (oberhalb *H7*) beginnt eine stete stärkere Abnahme, so daß er nach etwa 450 mm, an der Basis der Gabelzacke, auf 32 mm gesunken ist. Der Querdurchmesser der Stange (mit Ausschluß der später zu erwähnenden Oberflächenwülste) erfährt zunächst, am Beginn des Abschnitts *B*, eine Verlängerung auf 41 mm, dann nimmt er ganz

allmählich ab und mißt an der Basis der Endgabel 20 mm. Das ziemlich normale Stangenende ist oberhalb der Gabelzacke rundlich (Längsdurchmesser 26, Querdurchmesser 24 mm). — Vgl. die Querschnittsumrißskizzen Taf. 5 Fig. 2.

Abplattungen am Stangenschaft bzw. an Sprossen kommen bekanntlich in verschiedenstem Grade und in verschiedener Ausdehnung bei manchen Cerviden regelmäßig, bei anderen, so auch beim Edelhirsch — besonders bei alten, aber noch nicht hinfalligen Exemplaren (BOTEZAT a), nach RÖRIG a III nur bei besonders kräftigen Individuen — gelegentlich vor.¹⁾ Die Längsachse des Querschnittes ist dabei vorherrschend mehr oder weniger von vorn nach hinten, bzw. von oben nach unten gerichtet (bei *Cariacus nemoralis* sind dagegen beispielsweise die Breitseiten im basalen Geweihstück nach vorn bzw. hinten gekehrt, RÖRIG a I). Der basale Stangenteil bleibt aber in solchen Fällen meistens zylindrisch (vgl. jedoch das Geweih von *Cervus mesopotamicus* BROOKE). Namentlich finden sich Abflachungen häufig an Gabelbuchten und führen hier, besonders wenn mehrere Sprossen dicht aufeinanderfolgen, bei gleichzeitiger Verbreiterung der betreffenden Stangenpartie sowie namentlich durch Ablagerung „homogener Knochensubstanz“ in den Gabelbuchten (vgl. auch die „Bindehaut“ HOFFMANN = dem „Bindefirst“ RHUMBLER d) zur Schaufelbildung (s. besonders HOFFMANN, RÖRIG a I). Das gilt nach RÖRIG b sowohl für die phylogenetische als auch für die ontogenetische bzw. für die individuell variable Entwicklung. Die Tendenz zur Abflachung zeigt sich bereits bei den ältesten bekannten Cerviden-Geweihen (im Miocän). Sie ist weiterhin oft sehr beträchtlich und wechselt in den einzelnen Abschnitten des Miocäns und Pliocäns beständig mit der runden Querschnittsform (RÖRIG a I). Einzelne spezielle Beispiele von Stangenabflachung werden weiter hinten erwähnt (S. 260—262).

Während die Abplattung bei den verschiedenen Cerviden-Geweihen in der Regel eine ziemlich gleichmäßige ist, insofern nämlich die beiden Schmalseiten, sei es an dicken Stangen oder an Schaufeln, mehr oder weniger gleich dick sind (bei ersteren breit abgerundet, bei letzteren stumpfkantig und nicht auffallend dünner als die Schaufelplatte selbst), ist im vorliegenden Falle die vordere

1) Eine gelegentlich besonders mächtige Schaufelbildung ist z. B. bei CATON a abgebildet; dieses Geweih stammt vermutlich von einem *Odocoileus virginianus* BODD. Vgl. ferner RÖRIG a IV, p. 287, Fall 141.

Seite scharfkantig ausgezogen, die hintere breit abgerundet. Die Abflachung betrifft hier, wie bereits erwähnt, eben nur die vordere Stangenpartie und besteht in einer kantigen Ausziehung derselben; nach hinten zu verdickt sich dagegen die Stange bald zu dem kräftigen, eigentlichen axialen Teil. Ähnliches in geringerem Maße findet sich gelegentlich an Geweihen, wenn eine Sprosse nur durch einen kantigen Vorsprung („Spannleiste“ v. OERTZEN, „Markierkamm“ MATSCHIE und BIEDERMANN-IMHOOF) angedeutet ist. Nehmen wir als Beispiel den vorhin genannten Eissproßkamm (s. Textfig. A b). Dieser ist in der Regel nach unten und oben mehr oder weniger lang ausgezogen und verläuft so an beiden Enden allmählich. Wenn man sich nun vorstellt, daß an einem solchen Kamm die Eissprosse als Höcker entwickelt ist und außerdem in den Bereich eines Ausläufers eine zweite rudimentäre, höckerförmige Sprosse fallen würde (vgl. z. B. v. MOJSISOVICS b, fig. 4), so hätten wir morphologisch eine ähnliche Bildung vor uns wie im vorliegenden Falle der ganzen Vorderseite entlang (vgl. auch die mitunter bis zu drei hintereinanderliegenden Höcker an den Kanten verbreiteter Kronenenden von Edelhirschen z. B. bei STÖRMER, tab. 1, 4, 6, 7, 9). Die Kantenabschnitte zwischen zwei Höckern sind meistens etwas eingebuchtet und können gewissermaßen als Bindefirst gedeutet werden. — Von exotischen Hirschen sei hier auf das Geweih von *Cervus eldi* GUTH. verwiesen, dessen Stangenenden nach einem mir vorliegenden Exemplar (vermutlich von *C. e. platyceros* LYD.) so geformt sein können, daß sich der zylindrische axiale Teil nach hinten zu einem deutlichen, dünnen, mit Zacken versehenen Kamm erhebt.

Wie die relativ zahlreichen Höcker besonders an der Vorderseite zeigen, war die Tendenz zur Bildung von Sprossen während der ganzen Entwicklung unserer Stange vorhanden. Dabei dürfte kaum jeder Höcker am vorhergegangenen Geweih eine Sprosse als Vorläufer gehabt haben, die nunmehr als Rudiment erscheint, noch werden alle Höcker als Vorläufer für bestimmte Sprossen des allenfalls nachfolgenden Geweihes anzusehen sein (vgl. den Aufsatz von BIEDERMANN-IMHOOF). Man gewinnt vielmehr den Eindruck, als würde infolge des Mißlingens der Ausbildung der wenigen regelrechten Sprossen der Versuch zur Bildung von solchen fortwährend, jedoch ohne rechten Erfolg erneuert worden sein. Dafür spricht auch der Umstand, daß an der Vorderseite das Mißlingen der Bildung von regelrechten Sprossen gleich zu Beginn der Stangenentwicklung mit der kümmerlichen Augensprosse eingesetzt hat, wo-

gegen an der Hinterseite, an welcher bei den Edelhirschgeweihen normalerweise keine regulären Sprossen vorkommen, die Höckerbildung erst relativ weit oben und vielleicht nur als Kompensation für die hier an der Vorderseite durch den Sequesterprozeß beeinträchtigte Höckerbildung eintrat. An der Vorderseite begann daher auch die in unserem Falle offenbar mit den Höckerbildungen in Zusammenhang stehende Ausbildung der Kante (vgl. die Gabelbuchten und insbesondere die „Randbuchten“ bei Schaufelgeweihen) sofort und hielt infolge der fortwährenden Höckerbildungen kontinuierlich bis zum apicalen Teil an (nach HOFFMANN kann der Bindsaum für nebeneinanderliegende Sprossen bildungshemmend sein, besonders an der Krone bei nicht genügend kräftigen jungen und alten oder kranken Individuen; es entstehen dann bis zu einem gewissen Grade ähnliche Bildungen wie im vorliegenden Falle). Die Hinterseite konnte sich dagegen lange Zeit hindurch in normaler Weise breit abgerundet entwickeln, und diese Tendenz war, als die Höckerbildung hier begann, bereits so mächtig, daß die von Beginn der Entwicklung an festgelegte abgerundete Form durch den Prozeß der Höckerbildung nicht mehr wesentlich beeinflußt werden konnte. Ansätze zur Kantenbildung sind aber als Verbindung zwischen den Höckern vorhanden. — Nach RHUMBLER a, b wachsen die Außenschichten des Geweihes rascher als die Innenschichten; das kommt, dem normalerweise fast ausschließlichen Spitzenwachstum des Geweihes entsprechend,¹⁾ naturgemäß in der Längenausdehnung desselben zum Ausdruck. Vielleicht hat sich in unserem Falle diese Verschiedenheit der Wachstumsgeschwindigkeit in Zusammenhang mit der Tendenz zur Sprossenbildung sekundär auch nach vorn hin geltend gemacht und so zur Kantenbildung geführt.

Eine so auffallende und in ihrer Form eigenartige Abflachung, die sich nahezu auf die ganze Stange erstreckt, ist mir in keinem anderen Falle bekannt. Einigermaßen ähnliche Verhältnisse scheinen streckenweise besonders am Geweih von *Cervus mesopotamicus* (siehe BROOKE a, b) zu bestehen. Dasselbe ist im basalen Teil oberhalb der Augensprosse mehr oder weniger schaufelförmig verbreitert und das Stück zwischen dieser Verbreiterung und der Krone vorn kantig ausgezogen. Die Verbreiterung trägt am Vorderrand 1—2 wohlentwickelte seitlich zusammengedrückte Sprossen, der darüber folgende kantige Rand ein höckeriges Sprossenrudiment. Auch der

1) Vgl. besonders SOEMMERRING, RÖRIG a, c, e, POCKO, RHUMBLER b.

apicale Stangenteil ist in bezug auf unseren Fall von Interesse, weil er an der Hinterseite mehr oder weniger stark entwickelte Sprossen abgibt. Die Krümmung der Stangen im ganzen ist gleichfalls bis zu einem gewissen Grade der unseren ähnlich. Wenn bei einer Stange dieser Hirschart alle Sprossen rudimentär wären, käme somit eine unserer Stange annähernd ähnliche Form zustande. — Ein Geweih mit besonders basal stark verbreiterten Stangen und gut entwickelten Sprossen hat ferner z. B. ELLIOT von einem sehr alten *Cervus canadensis occidentalis* H. SMITH beschrieben und abgebildet (vgl. auch LYDEKKER c, p. 57, fig. 13). Auch ein Edelhirschgeweih (ungerader Zwanzigender) aus Gödöllö (Ungarn, Pester Komitat) aus dem Jahre 1885 ist zwischen Aug- und Mittelsprosse schaufelartig verbreitert. Diese Schaufel ist 13 cm breit, und an ihr entspringt eine schwache Eis- und eine gegabelte Mittelsprosse (in: „Der Weidmann“, Vol. 21, p. 309, zitiert nach RÖRIG a III, p. 115). — Als Beispiel für eine zum größten Teil abgeflachte Stange sei weiter an die eines Cerviden aus einer Kiesgrube bei Edesheim unweit Northeim (Hannover) erinnert, welche STRUCKMANN beschrieben und anfänglich einem Riesenhirsch zugesprochen hat. Vom vorliegenden Objekt unterscheidet sie sich u. a. dadurch, daß die Abflachung beiderseits eine ziemlich gleichmäßige, d. h. nach vorn zu nicht kantig ausgezogene ist, sowie durch deutliche Sprossenbildungen, an deren Abgang die Stange besonders breit ist. Während STRUCKMANN diese Stange später einer noch nicht bekannten diluvialen Hirschart zuschreiben zu sollen glaubte, gelangte RÖRIG auf Grund eines Vergleiches mit ähnlichen Geweihvarietäten des rezenten Edelhirsches zu der Ansicht, daß diese Stange einem diluvialen Edelhirsch angehört hat (a III, p. 129), und stellt sie nebst anderen als einen Beweis dafür hin, daß die Tendenz zur Variabilität bei der Geweihbildung auch in früheren geologischen Epochen bereits einen recht erheblichen Grad erreichen konnte (a I, p. 567). — Besonders ausgedehnte, größtenteils aber anders gestaltete Abflachungen finden sich bekanntlich an den Stangen der Renntiere, doch sind diese typischerweise basal zylindrisch und werden erst, sich allmählich abflachend, distal platt. Bemerkt sei, daß dabei mitunter relativ lange, nicht durch Sprossen unterbrochene kantige Strecken auftreten können. — Nebenbei sei hier auf den von WILH. BLASIUS veröffentlichten Fall von einseitiger Geweihbildung bei einer alten Ricke verwiesen. Die Stange, deren Ausbildung, wie es scheint, infolge eines örtlichen Reizes (durch einen in das Schädeldach ein-

gedrungenen Glassplitter) ausgelöst wurde, ist in ihrem mittleren Teile in sagittaler Richtung stark abgeflacht. Dicht über der Gabelung wird sie spulrund.

Über die inneren Strukturverhältnisse an Kantenbildungen siehe Kapitel 5.

Die Abwurffläche (Taf. 5 Fig. 3; s. a. S. 257) ist ringsum innerhalb des Rosenrandes im Verhältnis zu anderen Hirschstangen schwach, aber ziemlich breit rinnenförmig eingesenkt. Nahe dem äußeren Rand dieser Rinne finden sich, wie bei anderen Geweihstangen, stellenweise einzelne kleine Gefäßlöchelchen (Durchmesser bis gegen 2 mm), so im vordersten Teil, gegen den Augensproß zu, hauptsächlich 3, im hinteren Abschnitt 7; sie liegen in Abständen von 4–16 mm nebeneinander. Die hinteren Löchelchen führen durch ein gleich enges Kanälchen an die Oberseite der hier relativ stark entwickelten Rose und zwar zu je einer von den tiefen longitudinalen Gefäßrinnen der Stangenhinterseite. Die Gefäßrinnen, welche zumeist mit einer grubigen Vertiefung an der Rosenoberfläche beginnen, sind wesentlich breiter als die im Verlaufe des Rosenwachstums verengerten Kanälchen. Die Löchelchen an der Vorderseite lassen sich mit der Sonde nicht weit in die Tiefe verfolgen; sie führen offenbar in das Stangeninnere, zum Teil, wie es scheint, in den Augensproß.

Die eigentliche Fläche war, so weit der zum Teil defekte Zustand erkennen läßt, nicht stark vorgebuchtet. In der hinteren Partie ist sie an einer Stelle künstlich abgekappt. Der größte Teil der zentralen Partie zeigt eine annähernd schrägovaie, 6 mm tiefe Grube mit ziemlich flachem Boden und größtenteils unterhöhltem, unregelmäßig verlaufenden Rand. An zwei Stellen, annähernd am vorderen und hinteren Ende, schnürt der letztere nach außen zu ein rundliches, wie es scheint künstliches Loch ab (Durchmesser etwa 5 mm, Tiefe 5–7 mm). Die Grube, welche normalerweise an Abwurfstangen fehlt, macht den Eindruck, als wäre hier beim Abwurf ein entsprechendes Stück gewaltsam ausgebrochen. Ähnliche, aber auf Resorption beruhende Vertiefungen finden sich bei Abwurfstangen kastrierter Hische (s. FOWLER und die Abbildungen von Damhirschstangen bei GASKOIN); auch ist dann die Rose mitunter mehr oder weniger resorbiert. Die Bodenfläche und die Ränder der Grube sind in unserem Falle abgescheuert; die Unterminierung der Ränder ist vermutlich eine sekundäre, da die spongiöse Substanz hier frisch abgebröckelt erscheint. Die künstliche, alte Schnittfläche

sowie einzelne Spuren von Gips oder Kalk und ebenso die beiden Löcher am Grubenrande deuten darauf hin, daß die Stange vielleicht einmal aufmontiert war. Gegen den hinteren Rand zu befindet sich ein braunschwärzlicher Fleck.

Die Rose (Taf. 5 Fig. 3) ist im Verhältnis zur Größe der Stange schwach. In der hinteren Hälfte ist sie ziemlich kräftig, springt hier etwa 6 mm vor und ist ungefähr 9 mm lang (breit). Im vorderen Teile der Stange, an welchem diese gleich oberhalb der Augensprosse kantig ausgezogen ist, ist die Rose bedeutend schwächer ausgebildet, zunächst noch etwa 4 mm, dann namentlich im eigentlichen Vorderteil, nur mehr ungefähr 2 mm lang und springt nur ebensoweit vor. Bemerkenswert ist, daß der Wechsel in der verschiedenen Stärke der Rose jederseits unmittelbar am Vorderende der Basis je eines S. 265 zu besprechenden Oberflächenwulstes einsetzt, der schräg über die Breitseite der Stange zu *H 2* zieht. An der Basis dieser Wülste, von welchen namentlich der an der Außenseite der Stange stark entwickelt ist, ist die Rose besonders kräftig; dann wird sie ziemlich plötzlich schwach. Ihr medialer Teil ist größtenteils abgebröckelt, doch kann man auch hier ersehen, daß die Verhältnisse ähnlich jenen an der unversehrten lateralen Seite waren. Die Rose der Hirschgeweihe ist wohl öfters hinten, und namentlich medial, etwas kräftiger als vorn, doch ist der Unterschied in der Regel nicht so auffallend. Möglicherweise steht er in unserem Falle mit der Verschmälerung der Stange nach vorn in Beziehung (vgl. andererseits das eben über die Abwurfstangen kastrierter Hirsche Gesagte).

2. Die Sprossen- bzw. Höckerbildungen.¹⁾ Seitenwülste bzw. -pfeiler. Totenlade.

Die Bildung von Sprossen bzw. Gabeln spielt bei der Geweihentwicklung eine außerordentlich große Rolle (vgl. z. B. RÖRIG a I, p. 599, BOTEZAT a). Nach RHUMBLER a ist sie darauf zurückzuführen, daß die Außenschichten des Geweihes rascher wachsen als die Innenschichten. Rudimentäre Sprossen in Form von Höckerbildungen kommen bei Hirschgeweihen bekanntlich nicht selten vor. Das gilt, wie schon angedeutet, bei sonst normalen Geweihen namentlich für die Eissprosse, die oft auch ganz fehlt, dann gelegentlich für andere

1) Siehe auch Kap. 1.

reguläre Sprossen (besonders beim „Zurücksetzen“, vornehmlich bei alten Hirschen; dieses kam bereits bei diluvialen Cerviden vor POHLIG a, b). Auch die Zacken der Schaufeln alter Elche und Damhirsche sind oft rudimentär. Häufig finden sich bei hyperplastischen Geweihen an der Krone überzählige Sprossenansätze. Höckerförmige Sprossenrudimente kommen ferner namentlich bei an sich verkümmerten oder sonst stark abnormalen Stangen vor. Meistens befinden sie sich dann im basalen Teile (vgl. z. B. von MOJSISOVICS b, NITSCHKE, BONNET; derartiges kommt auch bei normalen erstjährigen Geweihen vor, HOLDING c). Solche Geweihformen treten, abgesehen von Altersschwäche, nach Verletzung des Rosenstockes sowie der Hoden (Perückengeweihe), ferner bei Unterernährung (z. B. infolge von Extremitätenverletzungen) u. dgl. auf. Vielfach unterbleibt die Sprossenbildung dann nahezu vollständig, so daß nur einfache Stangen vorliegen (vgl. auch Kap. 7). Dagegen soll bei Verwundung des Kolbengeweihs (z. B. durch Schrotchuß) Sprossenbildung hervorgerufen werden. Ein solcher, einer gewissen Gleichmäßigkeit in der Verteilung nicht entbehrender Höckerreichtum wie in unserem Falle dürfte aber wohl sehr selten sein (s. auch S. 259).

Über die rudimentäre Augensprosse der vorliegenden Stange wurde bereits S. 257 einiges bemerkt. Hinzuzufügen wäre, daß sie nahezu parallel zur Abwurfffläche gerichtet und, was öfter vorkommt, beiderseits etwas komprimiert ist (Längsachse des schrägen Basisquerschnittes 37 mm, Querachse 16 mm). Sie endet mit einer 8 mm langen zweihöckerigen Kante, die sich nach der unteren Seite zu, 21 mm weit schräg abfallend fortsetzt und dann unter Bildung eines höckerigen Vorsprunges in die eigentliche, der Quere nach breit abgerundete untere Sprossenseite übergeht (Taf. 6 Fig. 4, 6). Diese ist in ihrem apicalen Teil durch einige mehr oder weniger breite und tiefe künstliche Querrinnen eingeschnitten und außerdem von Nagetieren benagt (Taf. 5, Fig. 3).

Bald (10 mm) oberhalb der Augensprosse findet sich an der Vorderkante ein rundlicher Höcker (2) von etwa 12 mm Durchmesser (Taf. 6 Fig. 4, 5). Da sein apicales Ende künstlich zugeschnitten ist, läßt sich seine ursprüngliche Gestalt nicht mehr genau feststellen. Im gegenwärtigen Zustand beträgt seine größte Höhe 6 mm. Daß es keine gut entwickelte Sprosse war, geht bereits aus dem geringen Basisumfang hervor. Zu diesem Höcker ziehen nun auf jeder Breitseite der Stange in schräger Richtung die vor-

hin erwähnten, von den Seitenteilen der Rose ausgehenden wulstigen Vorwölbungen der Stangenoberfläche. Sie sind an der Rose relativ breit und erweitern sich an der Stangenfläche noch etwas nach oben; dann verjüngen sie sich gegen die Kante zu. Somit erscheint ihr Umriß schlank birnförmig. Der Wulst an der medialen Seite ist nicht besonders hoch und endigt auch bereits 15 mm unterhalb des Höckers. Der laterale Wulst ist kräftiger, was schon durch die erwähnte stärkere höckerige Vortreibung an der Rose zum Ausdruck kommt. Er wird bald oberhalb seiner Basis zu einem ziemlich stark vorspringenden Pfeiler, der bis zum Randhöcker 2 reicht und hier eine nach außen vorspringende Verbreiterung desselben bildet. An seiner proximal gekehrten Fläche fällt der Wulst steil zur Stangenfläche ab und erscheint daher hier kräftiger vorspringend als an der distalen Seite, an welcher er mehr allmählich in die Stangenebene übergeht. An den Wülsten sind die queren Rillenbildungen der Stangenbreitseiten kräftig ausgebildet, namentlich im sich allmählich verjüngenden, nahezu quer verlaufenden vorderen Teil des lateralen Wulstes, wo 3—4 Rillenkanten gegen den Höcker zu konvergieren. Der apicale Teil des hier pfeilerartigen Wulstes besteht, wie die Schnittflächen am Höckerende zeigen, aus kompakter Substanz, während das Höckerinnere spongiös ist. —

Bis zu einem gewissen Grade ähnliche Wulstbildungen, die auf die Seitenflächen von Sprossen übergehen und an ihnen auslaufen, kann man an Hirschgeweihen öfter beobachten. Sie stehen augenscheinlich zur Sprossenbildung in Beziehung und tragen wohl zur Festigkeit der Sprossen selbst bei. Namentlich zieht öfter an der Außenseite zur Eissprosse ein solcher Wulst, der aus entsprechender Richtung von der Rose kommt, wie im vorliegenden Falle. Es ist daher wahrscheinlich, daß der eben besprochene Höcker, abgesehen davon, daß er von unten der zweite ist, die rudimentäre Eissprosse darstellt. — Diese Ausführungen hatte ich bereits niedergeschrieben, bevor die Arbeit RHUMBLER'S (d) erschien, in welcher er unter anderem zu der bereits S. 254 angedeuteten Ansicht gelangt, daß die Eissprosse als „Adoptivsprosse“ aufzufassen sei; sie entspricht seines Erachtens „der Anlage eines zweiten seitlichen Geweihes, das, ehe es sich noch zu einem richtigen Spieß entwickeln konnte, von dem ursprünglichen Geweih adoptiert worden ist.“ ... Als Beweisgrund dafür gibt RHUMBLER u. a. an, daß die Eissprosse sehr häufig von der Rose aus mit ihren Gefäßrillen wie eine an-

geklebte Halbsäule an der Geweihaußenseite hochsteigt. Das entspricht dem ebengenannten, auch an der vorliegenden Stange stark ausgeprägten Wulst an der Außenfläche. In unserem Falle erscheint er als eine Anlagerung an den Höcker selbst, und dieser liegt direkt auf der Kante. Auch befindet sich, wie angedeutet, an der medialen Stangenfläche ein ähnlicher, allerdings unvollkommener, mit deutlichen Gefäßrillen versehener Wulst. Die Einbeziehung der Eissprossenanlage in den Schaft wäre also bei unserer Stange eine sehr innige. Ferner befinden sich, wie wir noch sehen werden, an unserer Stange auch an anderen Stellen ähnliche Bildungen, allerdings vornehmlich an der Außenseite. Wenn wir es auch nur mit einer abnormalen Geweihstange zu tun haben, kann man dem Gesagten zufolge wohl annehmen, daß die Wulstbildungen an sich für die RHUMBLER'sche Auffassung von der Eissprosse keinen stichhaltigen Beweis bieten (vgl. auch Kap. 1 und 3). Auch treten, wie vorhin angedeutet, mitunter andere Sprossen, z. B. die Augensprosse oder Kronensprossen, an ihrer Basis etwas nach außen vor.

Auf Höcker 2 folgt nach einer schwachen 10 mm langen Einsattelung der Kante ein 30 mm langer, schwach vorspringender Kamm (*H3*) von etwa 9 mm Breite. Sein freier Rand ist der ganzen Länge nach künstlich zugeschnitten, so daß eine allfällig vorhanden gewesene Zuspitzung nicht mehr konstatierbar ist. In diesem Zustand beträgt die Erhebung des Kammes ungefähr 4 mm; der Schmalheit nach dürfte er nicht ganz die ursprüngliche Höhe des Eissproßhöckers erreicht haben. Die Breitseiten der Stange weisen im Bereiche dieses Kammes keine eigentliche Wulstbildung auf. An der lateralen Seite ist die Oberfläche gegen den Kamm zu stark abgenagt.

Morphologisch dürfte dieser Kamm einen lang anhaltenden, aber um so schwächeren Versuch zu einer Sprossenbildung darstellen. Eine Homologisierung dieser sowie der weiteren Sprossenandeutungen (mit Ausnahme der Gabelzacke und etwa des *H6* = Mittelsprosse, s. S. 252) mit den Sprossen normaler Geweihe erscheint nicht gut durchführbar. Es handelt sich offenbar zumeist um mißglückte, regellos, aber relativ häufig wiederkehrende Versuche verschiedener Intensität, Sprossen zu bilden.

Nach einer Randeinsenkung von etwa 13 mm Länge befindet sich ein Höcker (*4*), der kleiner ist als *H2*. Sein freies Ende ist abgeschnitten. Hier zieht auf der medialen Stangenseite ein annähernd senkrechter, schwacher, subapical zu einem deutlichen

Höckerchen vorgetriebener Wulst zum Höcker (Taf. 6 Fig. 5); die laterale Stangenseite ist dagegen flach.

Nun folgt ein 40 mm langes, ganz schwach vorgebuchtetes ziemlich scharfkantiges Stück, hierauf ein relativ großer Höcker (5), welcher dadurch ausgezeichnet ist, daß zu ihm auf der lateralen Stangenseite ein schräg nach oben aufsteigender Wulst zieht, der erst ziemlich weit vorn beginnt und einen kräftigen, von der Stangenfläche lappenartig vorspringenden Pfeiler darstellt (Taf. 6 Fig. 4). Seine gegen die Stangenbasis gekehrte Seite ist zu einer breiten Rinne umgebogen, so daß sein freier Längsrand etwas weiter proximal zu liegen kommt als der Höcker. Die apical gewendete Seite des Pfeilerlappens fällt dagegen allmählich zur Stangenfläche ab. Der Pfeilerrand biegt in seinem vordersten Abschnitt unter stumpfem Winkel gegen den Höcker zu ab und erreicht von da an schwach und schräg nach oben ansteigend nach einem Verlauf von 17 mm dessen Spitze. Der ungefähr 7 mm hohe Kantenhöcker verdankt hauptsächlich dieser Pfeilerbildung sein kräftiges Aussehen. Er bildet im übrigen eine etwas verdickte, nicht sehr steil ansteigende stumpfe Erhebung der Stangenkante. Die lappenartige Pfeilerbildung stellt im wesentlichen eine stärkere und modifizierte Form der lateralen Höckerverbreiterung von *H2* dar.

Höcker in Verbindung mit derartigen seitlichen Verstärkungen traf ich bei einem Edelhirschgeweih mit sogenannten Kelch- oder Becherkronen an (vgl. z. B. auch A. B. MEYER, tab. 27). Einzelne Sprossen derselben enden mit einer spatelförmigen Verbreiterung, deren distaler Rand einige Höcker bzw. Zacken aufweist. Diese sind seitlich zum Teil durch mehr oder weniger stark vorspringende Kanten oder Auftreibungen verstärkt. Höcker- und Seitenpfeilerbildungen finden sich hier also wie bei unserer Stange an einer platten und kantig endigenden Stangenpartie. Während beim Kelchgeweih die Zacken apical liegen und die Pfeiler annähernd in die Richtung der Geweihachse bzw. der immerhin ziemlich axial gerichteten Kronensprossen fallen, ziehen an unserer Stange die genannten seitlichen Verstärkungen in mehr oder weniger wagrechter Richtung zu den nach vorn gerichteten Höckern. In beiden Fällen handelt es sich zweifellos um rudimentäre — bei der Kelchkrone zumeist um sekundäre — Sprossen- bzw. Gabelbildungen. Dafür spricht auch die verschiedene Richtung der Verstärkungen an unserer Stange selbst. Denn an normalen Geweihen sind die Sprossen

im unteren Stangenabschnitte, wenigstens an ihrer Basis, ziemlich horizontal geneigt, die oberen, insbesondere jene der Krone, mehr längsgerichtet. Diese allmähliche Richtungsänderung kommt an den seitlichen Verstärkungen unserer Stange gleichfalls zum Ausdruck, indem die noch zu besprechenden weiter apical befindlichen deutlicher schräg apical zur Vorderkante ziehen als die proximalen. Die Höcker deuten ihrerseits die schräg apicale Sprossenrichtung dadurch an, daß ihr proximaler Rand zumeist länger ist und sachter ansteigt als der kürzere und steiler abfallende apicale (s. z. B. den gleich zu besprechenden Höcker 6). Diese Verhältnisse sind wohl ein deutlicher Beweis dafür, daß die Höckerbildungen mit den sie begleitenden Wülsten tatsächlich Sprossenbildungen sind.

Die Stangenkante steigt vom distalen Basisende des Höckers 5 sofort wieder zu einem noch höheren, schärfer zugespitzten Höcker (6) an, dessen proximale Seite 34 mm lang und scharfkantig ist; die distale fällt steiler ab und ist entsprechend kürzer (16 mm). An seinen beiden Seitenflächen ist er seiner Höhe entlang wulstig aufgetrieben, auf der medialen stärker als auf der lateralen. An der medialen Seite ist deutlich zu ersehen, daß die Hauptrichtung der Auftreibung nicht direkt zur Höckerspitze, sondern, ähnlich wie die der Seitenlappen bei *H5*, etwas proximal von ihr gelegen ist und schräg apical gegen sie verläuft. Da sich ferner diese Auftreibung auch noch etwas auf die eigentliche Stangenfläche nach hinten erstreckt, ist es zweifellos, daß derartige Auftreibungen einen nur vorn und in breit verflachter Form ausgebildeten Rest von Seitenpfeilern darstellen, wie wir sie bei *H2*, 4 und 5 kennen gelernt haben. Diese haben in ihrem hinteren Teil, also an ihrer Basis, eine breit verflachte Form; daher kann man wohl sagen, daß bei *H6* die Pfeilerbildung gewissermaßen erst weit vorn, nahe dem Höcker, begonnen hat.

Die Höcker 5 und 6 sind vollständig erhalten, nur an den Rändern abgeglättet und stellenweise etwas erodiert. Bald oberhalb des Höckers 6 hat die starke Außendrehung der Stange ihr Ende erreicht.

Der Abstand von diesem Höcker zum nächsten (7) ist relativ lang (61 mm). Dieses etwas eingesenkt verlaufende Kantenstück war noch ziemlich scharf; sein Rand ist aber zum Teil künstlich zugeschnitten. An seinen beiden Endteilen verlaufen, etwas nach der lateralen Seite geneigt, Reste einer schmalen, flachen, longitudinalen Rinne (Taf. 6 Fig. 4).

Bemerkenswert ist, daß sich zu Beginn dieses Stangenabschnitts (B) an der lateralen Breitseite ein außertourlicher, vom hinteren Ende derselben sanft ansteigender, breiter Wulst (6a) befindet (Taf. 6 Fig. 4), der etwas schräg apical gegen die Kante zieht und bald sehr kräftig wird, indem seine proximale Seite zu einer breiten länglichen Grube von gleicher Richtung abfällt. Diese Grube würde ihrer Richtung nach am Stangenrand knapp distal vom Höcker 6 auslaufen. Grube und Wulst enden aber ungefähr 20 mm unterhalb der Kante, letzterer unter Bildung einer ziemlich kräftigen, aus der Stangenfläche hervortretenden, abgerundeten Halbkuppe. Es handelt sich hier offenbar um den Versuch einer Sprossen- bzw. Pfeilerbildung, der aber noch vor Erreichung des Stangenrandes eingestellt wurde. Der aus der Stangenfläche kuppenförmig heraustretende, frühzeitige Abschluß kann allenfalls mit dem Aufhören der starken Stangendrehung in Verbindung gebracht werden. Denn an der Stangenfläche selbst erscheint der Beginn der neuen Richtung durch diesen Wulst markiert, während die Randpartie eben erst zu derselben einbiegt. Der Rand ist hier also noch etwas medial geneigt, und die gerade Fortsetzung des Wulstendes würde etwas lateral vom Stangenrand frei auslaufen.

Fig. B. Außenseite des hinteren Teiles des Hinterabschnitts der rechten Schaufel eines *Alce gigas* MILL. aus Alaska (Wiener Hofmuseum), schräg von vorn und etwas von unten gesehen. Ein in der Richtung der Randzacken auf der Schaufelfläche verlaufender breiter Wulst, der sich apical verschmälert und an der Basis einer breiten Randzacke spatelförmig nach außen vorspringend endigt. An der entsprechenden Stelle der Innenseite der Schaufel keine besondere Differenzierung. ca. 0,125 : 1.



Übrigens findet sich hier unmittelbar unterhalb des Randes eine kleine rundliche Grube, und der Rand selbst weist am distalen Ende der letzteren eine schwache, nur lateral vorspringende, knotenartige Verdickung auf. Diese Verhältnisse mögen allenfalls mit dem Mangel des vorderen Teiles des Wulstes in Zusammenhang stehen. An einer Schaufel eines mächtigen Geweihes von *Alce gigas* MILL. des Wiener Hofmuseums befindet sich an der Außenseite in der Richtung der Randzacken eine breitwulstige Vorbuchtung, welche sich

apical verschmälert und in der Höhe der Gabelbuchten kantig abgeschnitten endigt (s. Textfig. B). Ähnliches findet sich auch an einem verbreiterten Kronenende der rechten Krone des vorhin erwähnten Kelchgeweihs; hier ist der apicale Rand eines lappenförmig vorspringenden Pfeilers etwas eingesenkt, so daß das äußere Ende dieses Randes leicht höckerig emporsteht. Bei stärkerer Ausbildung dieses Einschnittes würde eine Sprossenzacke resultieren, die sich vom Schaufelrand freigemacht hat. Solche Verhältnisse stellen augenscheinlich Übergänge zu einer frei aus der Fläche einer Schaufel hervortretenden Sprosse dar, wie sie z. B. POHLIG a an einem Riesenhirschgeweih angetroffen hat. — An zylindrischen Stangen entspricht derartigen Differenzierungen offenbar das gelegentlich seitliche Hervortreten von Sprossenbasen aus dem Schafte (s. insbesondere die Eissprossen; vgl. S. 265).

Der ziemlich kräftige Höcker 7 ist an seinem proximalen Rande breit abgekappt und zeigt an der medialen Stangenfläche einen ähnlichen, aber flacheren Wulst wie *H6* auf der gleichen Seite. Weiterhin treten solche Wülste in noch reduzierterem Grade auf, indem sie nur mehr an einzelnen Höckern auf eine schwache Verdickung der einen oder anderen Höckerseitenwand beschränkt erscheinen. Mitunter (bei *H9* und *H10*) weist aber gleichzeitig der hintere Teil der (medialen) Seitenfläche der Stange eine schwache, der Lage nach korrespondierende Vorbuchtung auf, die gewissermaßen die Basis einer Pfeilerbildung darstellt, welche den Zusammenhang mit der Höckerverdickung verloren hat.

Die queren bisschrägen, zum Teil flachen, kantigen oder lappenartigen Wulst- bzw. Pfeilerbildungen an den Breitseiten der Stange, welche eine Begleiterscheinung der Höcker, d. i. der Sprossenrudimente, darstellen, sind also vornehmlich auf den basalen, stark gedrehten Stangenteil beschränkt und hier zumeist lateral wesentlich stärker ausgebildet als medial. Im übrigen Stangenteil, und zwar vorherrschend an der medialen Seite, finden sich dagegen nur mehr oder weniger ausgeprägte Andeutungen solcher Wülste, zum Teil an den Höckern, zum Teil in der hinteren Partie der Breitseiten der Stange.

Der Rand des nächsten, schwach eingesenkten, etwa 18 mm langen Zwischenstückes (zwischen *H7* und *H8*) und der des flachwellig verlaufenden anschließenden 50 mm langen Kantenabschnittes (*H8—H9*) sind durch eine etwa 2 mm breite Längsrinne in zwei

abgerundete, unregelmäßig wulstige Kanten geteilt (Taf. 6 Fig. 4). Im erstgenannten Abschnitt ist dieselbe etwas medial abfallend, und daher liegt die mediale Kante etwas tiefer als die laterale; erstere ist auch schwächer und schmaler und außerdem stellenweise benagt. Die laterale Kante ist ununterbrochen und 3 mm breit. Im zweiten Abschnitt ist dagegen die mediale Kante höher, relativ breit (etwa 4 mm) und kontinuierlich, die laterale stellenweise unterbrochen und unregelmäßig höckerig; dabei ist auch der Rinnenverlauf kein ganz gleichmäßiger. Die Rinne setzt sich ziemlich deutlich lateral entlang der Basis des Höckers 9 auf das nächste Zwischenkantenstück (*H9—H10*) fort. An diesem sind von ihr allerdings nur knapp lateral unter der Kante einzelne schwache, unterbrochene Spuren zu erkennen. Auch die am Kantenstück *H6—H7* erwähnten Rinnenstücke sind offenbar gleichartige Andeutungen. Es handelt sich hier augenscheinlich um den Eindruck eines Gefäßes, das längs der Stangenkante verlief (vgl. auch die Gefäßindrücke in der gleich zu besprechenden Totenlade). Ähnliche Eindrücke finden sich auch ab und zu an der Kante oder in deren Nähe im Bereiche von Gabel- oder Zackenbuchten von Hirsch- bzw. Elchgeweihen (vgl. die *Arteriae rectinatae* RHUMBLER).

Höcker 8 stellt nur eine knotenförmige, hauptsächlich auf die laterale Kantenseite beschränkte Erhebung dar (Basislänge 16, Höhe 6 mm). Er ist ziemlich stark erodiert bzw. benagt.

Höcker 9 ist mittelstark (Basislänge 27 mm, Höhe etwa 9 mm) und gut erhalten; seine Kanten steigen beiderseits gleichmäßig zur abgerundeten Spitze an. Vom distalen Ende des Höckers erhebt sich die Kante bald wieder zum nächsten (10). Der Spitzenabstand zwischen beiden Höckern beträgt 40 mm. Die ganze Kante zwischen beiden Spitzen ist durch Benagung medial schräg abgeflacht. An der medialen Seite finden sich knapp unter der Kante die erwähnten Rinnenspurten.

Höcker 10 ist ähnlich gestaltet wie *H9*, doch nicht so hoch und flacher. An seinem distalen Teil beginnt der dritte Abschnitt der Stange (*C*), der dadurch ausgezeichnet ist, daß an ihm auch entlang der hinteren Seite Höckerbildungen vorhanden sind. Außerdem ist die ganze Vorderseite offenbar durch einen Eiterungsprozeß rinnenförmig ausgehöhlt (Taf. 6 Fig. 7). Bezüglich dieser Erscheinung habe ich Herrn Hofrat Prof. A. KOLISKO, Vorstand des hiesigen Universitätsinstitutes für Pathologische Anatomie, um sein fachkundiges Urteil ersucht und folgende Auskunft erhalten:

„An der konvexen Seite der Stange des mir vorgelegten Hirschgeweihes befindet sich eine gegen 20 cm lange, bis über 2 cm breite und ebenso tiefe Rinne mit abgerundeten geglätteten Rändern und rauhem Grunde, in welchem 3 durch quere Wülste getrennte Abteilungen zu erkennen sind. Es entspricht diese Rinne einer sogenannten Totenlade, in der es durch Eiterung zur Loslösung oberflächlicher abgestorbener Geweihstücke (periphere Nekrose) gekommen war. An der konkaven Seite der Stange sind 2 tiefe und breite Gefässrinnen sichtbar, von welchen die eine im Bereiche der Stelle der Totenlade sehr starke Schlängelung aufweist. Auch sonst zeigt die Oberfläche der Stange zahlreiche Gefässfurchen, welche auf einen enormen Gefässreichtum des Bastgeweihes schliessen lassen.

Nach diesen Befunden hatte an der Hirschgeweihstange wahrscheinlich im Anschluss an eine Verletzung ein entzündlicher Prozess zur Bastzeit geherrscht, welchem zur Folge auch ein Stück des Geweihes zur Sequestration gekommen war.“

Die erwähnten queren Wulstbildungen kommen sowohl an den beiden kompakten Rändern als auch an der zwischen ihnen liegenden, in die Substantia spongiosa eingefressenen Rinne in bestimmter Weise zum Ausdrucke. Sie stellen offenbar wiederum Sprossenansätze dar, die aber durch die Sequesterbildung der Länge nach geteilt erscheinen. Denn an diesen Stellen treten beide Ränder jedesmal, ähnlich wie die Höcker an der einfachen Kante, stumpfhöckerig vor, und an den der Rinne zugekehrten Seiten liegt hier auch die Substantia spongiosa frei. Der mediale Rand der Rinne verläuft ziemlich gerade und ist steil aufgerichtet, während der laterale, besonders im Bereiche der Höcker, mehr oder weniger gegen die Rinne zu geneigt ist. Diese erscheint daher an den höckerigen Vorsprüngen eingeengt. Dazu kommt noch, daß die Substantia spongiosa hier nicht so tief ausgefressen und der Grund der Rinne zwischen den beiden gegenüberliegenden Höckerhälften in Form eines queren Wulstes erhöht ist. Übrigens befindet sich am lateralen Rinnenrand, 13 mm vom noch einheitlichen Höcker 10 entfernt, eine kleine, aber deutliche rundhöckerige Auftreibung (11); auch die entsprechende Stelle des medialen Randes ist schwach unregelmäßig höckerig. Der Rinnengrund ist hier aber unverändert. Vermutlich handelt es sich gleichfalls um einen, allerdings ganz schwachen Sprossenansatz. Der Abstand zwischen dem Höcker 10 und der ersten deutlichen Querwulstbildung (12) beträgt 60 mm. Der mediale Randhöcker ist an dieser niedrig und flach bogenförmig; der laterale

Rand springt stumpf ausgezogen gegen die Rinne vor. Der Querwulst in derselben ist ziemlich tief sattelförmig eingesenkt, dabei aber immerhin noch so kräftig, daß der Rinnengrund zu ihm beiderseits deutlich ansteigt. An der Strecke *H10—12* erscheint die Außenseite der lateralen Rinnenwand unterhalb des Randes etwas nach außen vorgetrieben.

Die Entfernung von *H12* bis zur zweiten Wulstbildung (*13*) mißt 30 mm. Der mediale Rand bildet an dieser wiederum einen niedrigen bogenförmigen Vorsprung; auf seiner Höhe findet sich ein kleiner warzenförmiger Aufsatz. An der lateralen Seite sind die Verhältnisse unregelmäßiger. Der etwas tiefer liegende Rand beginnt bereits 21 mm vor dem Wulst rinnenwärts stärker umzubiegen und überdacht so etwas das Rinnenlumen. Seine Kante ist im Bereiche des medialen Höckers diesem auf 6 mm genähert, und hier befindet sich auch der vom Rinnengrund sich relativ steil erhebende Spongiosa-Wulst. Dieser reicht hier fast bis an den lateralen Rinnenrand hinan. Am distalen Ende des 7 mm langen Wulstes weicht die laterale Kante schräg nach außen, und hier befindet sich erst der laterale Höcker. Er erscheint also gegenüber dem medialen etwas distal verschoben, ist höher, relativ kräftig und hat eine dem Randverlauf entsprechende schräge Richtung. Dieser Sprossenansatz hat also durch den Krankheitsprozeß eine stärkere Umgestaltung erfahren als der vorerwähnte.

Besonders eingreifend war sie aber am folgenden Stangenstück. Hier neigt sich zunächst die mediale Kante und mit ihr bald auch die ganze mediale Wand der Rinne seitwärts (medial); außerdem erhebt sich die Kante zu einem gratförmigen, 29 mm langen, an der Basis nur 8 mm dicken, lappenartigen Vorsprung (*14*), der an seinem distalen Ende ziemlich steil zum eigentlichen Stangenniveau abfällt und hier eine direkte Höhe von 13 mm besitzt. Die Seitenwendung der Kante ist so stark, daß der lappenförmige Vorsprung nahezu in die gleiche Richtung wie der Augensproß, also nach vorn, zu liegen kommt. Die laterale Kante fällt vom Höcker 13 ziemlich stark ab und verbreitert sich allmählich zu einem niederen Wulst, der in der Nähe des medialen Lappens in das normale Stangenniveau übergeht und hier verläuft. Auch der Rinnengrund steigt distal allmählich an und erreicht im Bereiche des medialen Lappens die natürliche Stangenoberfläche. Infolge des Umlegens dieses Lappens nach der medialen Seite und des Schwundes der Rinne und des lateralen Wulstes kommt hier an der Vorderseite

der Stange eine 44 mm breite, annähernd ebene Fläche zustande (Taf. 5 Fig. 2d). Nicht nur der mediale Teil der Stange ist hier flach und dünn, sondern auch der laterale hat nicht die dieser Stelle normalerweise entsprechende Dicke; er ist vielmehr sowohl vorn als hinten etwas abgeflacht. Diese Abflachung erstreckt sich auch noch auf das Stangenstück distal vom Lappen bis zur Gabelzacke. Dieses 48 mm lange Stück ist medial, in der Fortsetzung des Lappens, noch etwas kantig ausgezogen (Fig. 2e). Diese Kante ist bereits stark abgerundet und weist 16 mm vom distalen Lappenende entfernt eine höckerförmige Vorbuchtung (15) auf. 6 mm weiter distal beginnt die Gabelzacke und das normal geformte Stangenende. Letzteres erhält den annähernd kreisrunden Querschnittsumriß (Fig. 2f) hauptsächlich dadurch, daß sich seine hintere Fläche im Bereiche der Gabelzacke ziemlich plötzlich Vorbuchtet.

Der allmähliche Übergang des Bodens der Totenlade zur unversehrten Stangenoberfläche kommt auch in entsprechender Weise in der feineren Oberflächenstruktur zum Ausdruck, indem mit zunehmender Verstreichung der Rinne an deren Oberfläche zunächst kleine, dann allmählich stärkere Perlenhöckerchen auftreten. Diese sind aber im allgemeinen im Bereiche des Lappens bis zur Gabelbildung, auch an der hinteren Stangenseite, relativ zart. Die Oberfläche des spongiösen Rinnenbodens zeigt zahlreiche kurze, rinnenförmige Vertiefungen von etwa 2 mm Breite, die größtenteils radiär zur Mittellinie der einzelnen Rinnenabschnitte gerichtet sind. In dieser verläuft annähernd geradlinig eine bald mehr bald weniger deutliche, etwa 3 mm breite, flache Furche, von welcher viele der kurzen Radiärrinnen abzweigen. Die longitudinale Furche bricht stets bei den Spongiosa-Wülsten ab. Im breiten Lappenteil, den sie mit mehreren schwachen Querfurchen versorgt, wird sie am Übergang zur normalen Oberfläche, nachdem sie am Beginn derselben jederseits einen schräg apical verlaufenden Ast abgegeben hat, etwas unregelmäßiger und undeutlicher, setzt sich aber bald oberhalb des Lappenabschnittes wieder kräftiger fort und geht unter einer Abknickung auf das Stangenendstück über. Zuvor sendet sie noch einen Ast an die Gabelzacke. Nach allem ist es zweifellos, daß die verschiedenen Furcheneindrücke am spongiösen Rinnengrunde von einem sehr dichten Gefäßkomplex herrühren. Die longitudinale Furche ist möglicherweise die Fortsetzung der am zweiten Stangenabschnitt (S. 271) erwähnten longitudinalen Kantenfurchung.

Ich habe die Totenlade eingehender behandelt, da mir aus der Literatur kein derartiger Fall an einem Geweih bekannt ist.¹⁾ Mit Rücksicht auf den Eiterungsprozeß steht sie vermutlich den sogenannten Blasengehörnen der Rehböcke nahe, welche auf Verletzung bzw. auf das Eindringen eines toten Fremdkörpers im Verlaufe der Entwicklung des Geweihes zurückzuführen sind (vgl. BRANDT, BRAUN, SCHÄFF). Auch könnte namentlich die lappenartige Verbreiterung allenfalls als Rest einer (Art) „Blase“ gedeutet werden, die entweder noch unvollständig erhärtet war oder nachträglich durch mechanische Einflüsse zerstört wurde.²⁾ Auch an Perückengeweihen treten bekanntlich mit der Zeit Geschwürbildungen auf.

Bemerkenswert ist, daß das zuletzt gebildete apicale Stangenende unmittelbar vom sequestrierten Geweihstück an im Gegensatz zum übrigen Stangenstück die normale, spießartige Form aufweist. Die Entzündung der Basthaut hat sich offenbar nicht mehr auf dieses Stangenstück erstreckt. Das ist vielleicht zum Teil darauf zurückzuführen, daß am Stangenende, welches auch an normalen Geweihen sprossenfrei ist, der Reiz zur Sprossenbildung aufgehört hat.

Auch die im allgemeinen ziemlich normale Hinterseite der Stange ist im Abschnitt C, welcher vorn die Totenlade zeigt, beachtenswert und zwar infolge der Anwesenheit mehrerer unregelmäßiger, longitudinal angeordneter Höcker-

1) Ähnliches dürfte in dem, wie es scheint, nicht genauer untersuchten Falle vorgelegen haben, von dem v. MOJSISOVICS (a, p. 188) erfuhr. Er schreibt über diese ihm zugekommene Mitteilung wörtlich: „das . . . Geweih besaß in der Krone eine beiläufig 4 cm lange, 2,7 cm tiefe, mit einem Taschenmesser leicht sondierbare Spalte, aus der sich beim Umstürzen des schönen kräftig und normal gebildeten Geweihes frisches Blut ergoß, die Ränder der ‚Kluft‘ schienen gesund; in der Tiefe der Spalte ließ sich indes eine zweifellose eitrige ‚aasartig riechende‘ Jauche konstatieren; die Vascularisation eines sonst ausgefegten schönen Geweihes nach Mitte September ist gewiß sehr interessant und läßt sich in diesem Falle doch wohl nur durch die Annahme erklären, daß das noch im Baste befindlich gewesene Geweih, diese (allerdings nicht leicht verständliche) Verletzung am Kronenende empfang, die partiell ausheilte — immerhin ist es aber auffällig, daß der Träger dieses im Innern noch nicht ausgebildeten Geweihes ein ‚rerender Brunfthirsch‘ war.“ — Vergleichsweise siehe auch das von RHUMBLER b, p. 86 besprochene abnormale Rehwiehw.

2) Die „verworrenen lappenförmigen Auswüchse“, welche gelegentlich (zwischen Augen- und Mittelsprosse, nach rückwärts gerichtet) vorkommen (vgl. z. B. v. SCHELER, RIDINGER), sind mit unserem Falle vermutlich nicht identisch.

bildungen sowie durch den bereits im Gutachten Prof. KOLISKO's erwähnten stark geschlängelten Verlauf der Hauptgefäßfurchen (Taf. 6 Fig. 8).

Der unterste Hinterhöcker (*I*; s. auch Fig. 5 und 6) ist der größte. Er erhebt sich proximal ungefähr in der Höhe des Gipfels des noch ungeteilten Vorderhöckers 10 unvermittelt und ziemlich steil aus der Stangenfläche und bildet einen etwa 14 mm hohen, an der Basis 48 mm langen und 13 mm dicken, kammförmigen Vorsprung. Der Kamrand ist ziemlich scharf, distal etwas schräg nach außen gerichtet und fällt nach oben flacher ab als proximal. Das distale Höckerende liegt etwas höher als der rudimentäre Sprossenansatz 11 der Vorderkante. Es geht distal in einen breiten, niederen Längswulst über, der nach etwa 14 mm zweimal hintereinander schwach höckerig vorspringt und dann nahezu verschwindet. Der zweite Vorsprung fällt ungefähr mit der ersten Wulstbildung (12) an der Totenlade zusammen. Nach einer kurzen Verflachung, 73 mm von *HI* entfernt, erhebt sich ein kegelförmiger, 14 mm hoher Vorsprung von etwa 18 mm Basisdurchmesser (*II*); er ist, wie auch *HI*, an der lateralen Seite benagt und liegt etwas weiter proximal als der zweite Rinnenwulst (13) der Vorderseite. Nun folgt zunächst ein flaches, 34 mm langes Stück; dann erhebt sich wieder ein niederer, höckerartiger Vorsprung (6 mm hoch, Basisbreite 13 mm), der sich distal in einen annähernd gleich hohen und breiten, etwa 20 mm langen Wulst fortsetzt. Dieser steigt — in der Höhe des Beginnes des Lappens (14) — allmählich zum letzten, kräftigen, 13 mm hohen, kegelförmigen Hinterhöcker (*III*) an. Die Hinterseite der Stange bildet hier infolge der Ausbildung des medial vorspringenden Lappens eine breite, medial etwas abfallende Fläche, nahe deren lateralem Rand der Höcker liegt (Taf. 6 Fig. 9 und Taf. 5 Fig. 2d). Dieser geht distal unter sanft konkavem Bogen in das etwas abgeflachte Stangenstück zwischen dem Lappenvorsprung und der Gabelzacke über (Taf. 5 Fig. 2e). In der Höhe der letzteren steigt die Stangenhinterseite wieder zur normalen Höhe an (s. auch S. 274). — Sprossen im oberen Drittel der Stangenhinterseite finden sich z. B. beim Geweih des bereits erwähnten *Cervus mesopotamicus* BROOKE; sie sind etwas abgeflacht. Ein Rehwiehl aus Steiermark mit einer Anzahl sägezahnartig angeordneter Sprossenzacken an der Hinterseite der Stange ist im 35. Bd. der Mitteilungen des Nied.-Öst. Jagdschutzvereins (Wien 1913) p. 273 abgebildet. Seine Stangenden sind sichelartig nach hinten gebogen.

Die Gabelzacke — ihrer Lage nach kann es sich dabei nur um die „vordere Kronensprosse“ handeln — erhebt sich von der medialen, hier infolge der Stangendrehung nach vorn gerichteten Kante in einem nach oben spitzen Winkel von ungefähr 62° (Taf. 6 Fig. 7, 9). Die entgegengesetzte, laterale Stangenseite ist daselbst zu einem flachen longitudinalen Buckel aufgetrieben, der distal am Beginn des eigentlichen Stangenendstückes stärker abfällt (offenbar der infolge des Buckels kurze aber deutliche „Knick“) als proximal, so daß an diesem das Oberflächenniveau etwas niedriger liegt als proximal vom Buckel. Da in diese Stangenhöhe auch die vorhin erwähnte hintere Oberflächenerhöhung fällt, hat das von vorn nach hinten im ganzen noch etwas flach gedrückte Stangenstück im Bereiche der Gabelzackenbasis ein ungleichmäßiges Aussehen, und erst das Stangenendstück selbst erscheint nach Abschluß der Veränderungen des Oberflächenniveaus ziemlich plötzlich normal, annähernd kreisrund. Die Basis der Gabelzacke ist langgestreckt (34 mm, größte Breite 18 mm); die direkte Höhe der etwas distal geneigten Zacke beträgt 47 mm. Ihre proximale Seite ist im mittleren Drittel der Höhe buckelförmig aufgetrieben und steigt hierauf steiler zur nicht sehr scharfen Spitze an. Die distale Seite bildet mit der Endspresse eine nach oben offene ziemlich weite Parabel und zeigt einen deutlich ausgeprägten stumpfkantigen Bindefirst. Auf der Innenseite findet sich knapp unter diesem eine seichte rundliche Vertiefung.

Das eigentliche, 215 mm lange, an der Basis im Durchmesser 24 mm dicke Stangenende (Taf. 6 Fig. 7—9) bildet, abgesehen von den eben genannten Niveauunterschieden an der Abzweigung der Gabelzacke, ungefähr die Fortsetzung des Bogens des übrigen Stangenteils. Es ist aber auffallend gerade und nur in der apicalen Hälfte kaum merklich nach außen geschweift. Im Querschnitt ist es rundlich (Taf. 5 Fig. 2f), im basalen Teile aber noch etwas nach hinten getrieben (vgl. die Verhältnisse an der Gabelung). Die Oberfläche zeigt, wie auch die der Gabelzacke, fast bis an das äußerste Ende eine rauhe, etwas verwitterte längshöckerige Struktur; die Außenseite ist aber ziemlich glatt. An der Spitze erscheint nur das äußerste Ende kompakt gelblich-weiß abgeschliffen. Im ganzen macht die Stangensubstanz auch hier den Eindruck, daß sie relativ weich ist. Dabei ist das Stangenende nicht stark abgenützt; vermutlich wurde es nicht lange vor dem Tode des Hirsches gefegt, bzw. nicht stark benützt.

Aus der eingehenden Untersuchung der Höcker-

und Pfeilerbildungen ergibt sich somit im allgemeinen folgendes. Daß es sich hier um eine Geweihstange mit ausgesprochener Tendenz zur Bildung von Sprossen handelt, zeigen zunächst die zweifellos vorhandenen Rudimente der Augen-, der Eis- und der vorderen Kronensprosse. Ferner sind sicherlich die meisten Höcker als Sprossenandeutungen anzusehen, wenn sie auch vorherrschend, der Kante entsprechend, seitlich kompreß sind (vgl. die „Markierkämme“ an anderen Geweihen). Denn abgesehen davon, daß ähnliche Rudimente auch an anderen Hirschgeweihen gelegentlich auftreten, finden sie sich hauptsächlich an der Vorderseite der Stange, an welcher normalerweise Sprossen vorkommen, und fehlen im basalen Teile an der Hinterseite sowie am Stangenende, welche auch sonst sprossenlos sind. Daß an der Vorderseite Höcker auch an Stellen vorkommen, an welchen sich gewöhnlich keine Sprossen vorfinden, ist ebenso wie die große Zahl der Höcker vermutlich so zu erklären, daß infolge des Mißlingens der Ausbildung normaler kräftiger Sprossen der Versuch, solche zu bilden, um so öfter erneuert wurde. Daher ist auch eine Identifizierung mit den regulären Sprossen normaler Geweihe zumeist nicht möglich. Außer den genannten identifizierbaren Sprossenrudimenten ist vielleicht *H6* gleich der Mittelsprosse. Das Vorkommen von Höckern an der Hinterseite des Abschnitts mit der Totenlade kann allenfalls als eine Kompensation für die hier durch den Krankheitsprozeß gestörte Höckerbildung an der Vorderseite angesehen werden. Der Höhenlage nach decken sich aber die einzelnen Vorder- und Hinterhöcker nicht vollständig. Der oft kurze, kantige Abschnitt zwischen zwei Höckern kann gewissermaßen als Sprossen- bzw. Randbucht gedeutet werden. Im ganzen erinnert die Vorderkante der Stange mit den Höckern bis zu einem gewissen Grade an den gezackten Rand von Schaufelgeweihen (des Elchs, Damhirsches). Die Zacken sind an diesen aber zumeist kräftiger, länger und im Querschnitt rundlich, und der Rand geht nach innen zu in eine nicht viel dickere Platte, in die eigentliche Schaufel über. Bei alten Individuen sind die Zacken übrigens oft mehr oder weniger reduziert. — Ein Ausgleich für die mangelhafte Ausbildung der Sprossen in bezug auf die Stangenmasse (vgl. MATSCHIE und BIEDERMANN-IMHOFF) ist an unserer Stange selbst nicht in entsprechender Weise erfolgt. Die Vergrößerung der Vorderseite infolge ihrer kantigen Ausziehung erscheint diesbezüglich wohl nicht ausreichend.

Eine bemerkenswerte Erscheinung stellen die Wulst- oder

Pfeilerbildungen dar, welche an beiden Breitseiten der Stange, vornehmlich aber an der lateralen, auftreten und mehr oder weniger deutlich mit je einem Höcker in Verbindung stehen. Sie erstrecken sich entweder, und zwar im basalen Stangenabschnitt, über die ganze Breitseite der Stange oder sind nur zum Teil, entweder vorn oder hinten, ausgeprägt. Ihre Richtung ist im proximalen Stangenabschnitt annähernd quer, weiter distal ziehen sie mehr oder weniger schräg apical von hinten nach vorn. Diese Richtungsänderung entspricht auch jener der Sprossen an normalen Geweihen, ein Beweis, daß sie mitsamt den Höckern mit Sprossen in Verbindung zu bringen sind. Durch Ablösung des apicalen Pfeilerendes vom Stangenschaft kann man sich die gelegentlich an verbreiterten Geweihstücken aus der Ebene derselben frei hervortretenden Zacken entstanden vorstellen. Die Wulstbildungen zeigen, daß die rudimentären Sprossen in unserem Falle strukturell mit dem hinteren Teile der Stange in Verbindung stehen. Diese tiefgreifende Beziehung zum Stangenschaft erscheint auch in bezug auf die innere Struktur in der Totenlade dadurch zum Ausdruck gebracht, daß in derselben die Substantia spongiosa im Bereiche der Höcker weniger tief ausgefressen ist als an den höckerfreien Zwischenstrecken; die infolge der Höckerbildung etwas größere Menge der zu resorbierenden Substanz dürfte hierbei nicht wesentlich in Betracht kommen. An den normalen Geweihen hat man dagegen zumeist den Eindruck, als würde der Sprossenabgang selbst nur den vorderen Stangenteil direkt berühren. So hebt auch BOTEZAT (a, p. 146) hervor, daß die Sprossen nicht aus der Stange herausgewachsene Bildungen sind, sondern daß sie der Anlage nach mit den korrespondierenden Stangenteilen gleichwertig sind. Eine Beziehung zum hinteren Stangenteil stellt aber der häufig zu beobachtende „Knick“ dar. An unserer Stange fehlen die Knicke (wenigstens äußerlich, vgl. BOTEZAT; s. auch S. 250). Seitliche Verstärkungen von Sprossengebilden bzw. ein seitliches Hervortreten derselben am Geweihenschaft wie an den Höckern der vorliegenden Stange finden sich gelegentlich auch an verbreiterten Kronenenden, am Rande von Schaufeln sowie mitunter auch an eigentlichen Sprossen, namentlich an der Eissprosse. Sie kommen also hauptsächlich schwächeren Sprossen bzw. Sprossenrudimenten zu. An den platten Schaufelgeweihen (z. B. des Damhirsches) lassen sich die Zacken mitunter in größerem Umfange mehr oder weniger weit auf die Schaufelplatte verfolgen, indem beide Schaufelflächen hier mehr oder weniger stark in der Zackenrichtung vorgewulstet

sind, d. h. die der Zacke benachbarten Schaufelränder (die Randbuchten) sind dünner als die gewissermaßen in die Schaufel einbezogene Zackenbasis. — Mäßige Pfeilerbildungen sind an ihrem apicalen Ende kompakt. Im übrigen wurden die inneren Strukturverhältnisse nicht untersucht. Bemerkenswert sind im vorliegenden Falle auch die Beziehungen der Gefäßfurchen zu den Höckern (Abgabe von besonderen Zweigen, Krümmung der Hauptgefäße gegen die Höcker hin; vgl. Kap. 3).

Nach allem ist es zweifellos, daß an unserer Stange zwischen der kantigen Ausziehung der Vorderseite bzw. der keilförmigen Abflachung derselben, zwischen der rudimentären Ausbildung der Sprossen und deren verhältnismäßig großen Zahl bzw. dichten Aufeinanderfolge, zwischen den bindefirstartigen Zwischenkantenstücken, zwischen den Pfeilerbildungen sowie dem eigenartigen Gefäßfurchenverlauf und im weiteren Sinne auch zwischen der Biegung und Drehung der Stange ein genetischer Zusammenhang bestand und daß alle diese Eigentümlichkeiten zusammen auf die Ursache, welche die Abnormität im ganzen bedingte, zurückzuführen sind. Inwieweit sie untereinander abhängig sind, läßt sich wohl nicht mit Sicherheit entscheiden. Soviel erscheint jedoch wahrscheinlich, daß der kantigen Ausziehung eine wesentliche Rolle zukam, so vor allem hinsichtlich der Ausbildung der Höcker; denn derartige Gebilde treten vorzugsweise an kantigen Geweichteilen auf. Auch der quere Verlauf der Nebengefäßfurchen hat sich offenbar der kantigen Ausziehung und zum Teil der Richtung der Höcker angepaßt. Die bindefirstartige Einsenkung der Kantenstücke zwischen den Höckern hängt naturgemäß mit der Ausbildung dieser zusammen.

3. Die Gefäßfurchen an der Stangenoberfläche.

Der Verlauf der Bastgefäße bzw. ihrer Eindrücke war bisher selbst beim Edelhirschgeweih noch nicht genauer dargestellt worden. Die nachstehenden Ausführungen waren bereits reingeschrieben, als die schon wiederholt erwähnte Abhandlung von RHUMBLER erschien, in welcher u. a. auch der Arterienverlauf auf einer Zehnerkolbenstange des Edelhirsches in eingehender und übersichtlicher Weise besprochen wird. Als Grundlage diente ein bereits seinerzeit von RÖRIG skizziertes Injektionspräparat des Zoologischen Instituts in Marburg. Die Venen wurden nicht eingehender berücksichtigt. Sie hinterlassen an der Stangenoberfläche deutlichere und breitere Furchen als die Arterien (SOEMMERING). Bevor ich meine Aus-

führungen beginne, sei hier aus der Arbeit RHUMBLER's folgendes erwähnt.

Die Venen laufen in nächster Nähe der Arterien und parallel zu diesen: zuweilen sind sie etwas geringer an Zahl, so daß an manchen Geweihstellen mitunter auf zwei Arterien nur eine Vene fällt. Der Gefäßverlauf ist bei den einzelnen Stangen keineswegs in jeder Beziehung streng fixiert. Insbesondere können sich größere Gefäße bzw. Gefäßrillen in zwei oder drei, seltner mehr, parallel verlaufende spalten und umgekehrt können mehrere Gefäße streckenweise zu einem dickeren Gefäß verschmelzen.¹⁾

In bezug auf die vorkommenden Verzweigungen unterscheidet RHUMBLER folgende Gefäße. 1. Haupt- oder Stammgefäße, die vom Rosenstock aus unverzweigt an der Stange und allenfalls auch an den Sprossen hochsteigen, oder Gefäße, die noch keine Zweige abgegeben haben. 2. Zweiggefäße sind Gefäße, die winklig von einem Stammgefäß abzweigen und von diesem aus in eine Sprosse hinüberlaufen. 3. Sprossenbuchtgefäße sind Zweiggefäße, die von ihrem Abgangspunkt am oberen Rand der Sprossenbucht im Bogen nach einer Sprosse hinüberlaufen und dem Bindefirst der Sprossenbucht seitlich anliegen. 4. Zwieselgefäße entstehen durch Spaltung eines Gefäßes und halten in paralleler Aneinanderschmiebung den gleichen Weg ein. Sie sind stark variabel und bedeutungslos.

Dem Verlauf an der Stange nach führt RHUMBLER hauptsächlich folgende Gefäßbezeichnungen ein: Eine *Arteria rectilinea* ist ein Hauptgefäß, das von dem unter der Rose gelegenen Gefäßkranz unverzweigt bis zum Stammende hochsteigt; sie findet sich in der Ein- oder Mehrzahl auf dem Stangenrücken (*A. dorsalis*). Eine *Arteria promissa* ist ein Hauptgefäß, das sich nach einem mehr oder weniger geradlinigen Verlauf auf dem Stangenstamm auf der Höhe einer „Etag“ (d. i. einer Abgangsstelle einer Sprosse vom Stangenstamm) sanft auf die konvexe Unterseite einer Sprosse niederbiegt. Eine *A. reclinata* ist eine Arterie, die nach mehr oder weniger geradem Verlauf in den „Stiegen“ (am Stamm zwischen zwei Etagen) auf einer Etage rückläufig eine Sprossenbuchtarterie an eine Sprosse abgibt. Jede Sprosse hat mindestens zwei solche Arterien. *Arteriae promiscuae* sind Arterien, welche die Eigenschaften der vorgenannten Arterien vereinigen; sie ziehen in das Kronenende hinein und geben auf der Mittelsprossen- und Kronenetage Zweige und Sprossenbuchtgefäße ab. Je eine solche Arterie findet sich an der Innen- und Außenseite der Stange.

Im ganzen konnte die Arbeit RHUMBLER's, so insbesondere bezüglich der Einteilung des Geweihes und der Bezeichnungen seiner einzelnen Teile, in der vorliegenden Publikation nicht mehr berücksichtigt werden.

Die Gefäßeingdrücke an der Oberfläche der Hirschgeweihe rühren bekanntlich aus der Bastzeit von Verzweigungen eines Astes der *Arteria temporalis* und von entsprechenden Venen her. An der

1) Die Ausbildung der Längsfurchen ist bereits bei den fossilen Geweihen individuell verschieden (RÖRIG a I).

vorliegenden Stange sind sie im allgemeinen sehr zahlreich, kräftig und wegen des oft stark geschlängelten Verlaufes der nur auf die Hinterseite der Stange beschränkten longitudinalen Hauptfurchen bemerkenswert, ferner namentlich deswegen, weil letztere zahlreiche, bald mehr bald weniger deutlich ausgeprägte, dicht nebeneinanderliegende Nebenäste (Breite eines solchen ungefähr 2 mm, Abstand zwischen zweien 2—3 mm) in nahezu rechtem Winkel an beide Breitseiten der Stange abgeben (vgl. bes. Taf. 6 Fig. 5 u. 8). Diese Seitenäste überqueren dieselben in ziemlich geradem Verlauf und enden erst nahe der Vorderkante. Die Oberfläche der Breitseiten ist daher bald mehr bald weniger deutlich dicht quergerillt. Daß diese Querrillen Gefäßeindrücke sind, erscheint ihrer ganzen Beschaffenheit nach sowie namentlich wegen ihres oft deutlich erkennbaren Zusammenhanges mit den Hauptgefäßfurchen zweifellos. Vielfach entspringen zwei oder drei solcher Nebenäste gemeinsam von der Hauptfurche. Die Gabelung erfolgt jedoch sehr bald. — Dieser eigenartige Gefäßverlauf steht offenbar mit der die ganze Stange (mit Ausnahme der Endgabel) betreffenden Verbreiterung bzw. mit der Kantenbildung an der Vorderseite sowie mit der Reduktion der Sprossen in Beziehung. An runden Stangen würde ihm eine zirkuläre Rillung entsprechen, doch ist mir unter zahlreichen Geweihen der verschiedensten Hirsch-Arten keine solche in einigermaßen deutlicher Ausbildung vorgekommen. Die Oberflächenprofilierung an Edelhirschstangen weist vielmehr stets, auch bei gelegentlicher streckenweiser gleichmäßiger Abflachung, vorherrschend einen longitudinalen Richtungszug auf, für welchen zumeist mehr oder weniger starke Längsfurchen richtungsgebend sind. An den Breitseiten der vorliegenden Stange fehlen solche vollständig. Dagegen setzen sich ringsum auf die normal gestaltete, runde Endsprosse und auf die Gabelzacke einzelne Längsfurchen fort, und die Oberfläche ist daselbst longitudinal gerieft. Auch haben wir stellenweise entlang der Vorderkante und in der Totenlade Eindrücke eines longitudinal verlaufenden Gefäßes angetroffen (s. S. 271 u. 274).

An den Schaufeln des Elchs und des Damhirsches gabeln sich bekanntlich die Hauptgefäßfurchen vielfach, und die einzelnen Zweige ziehen vornehmlich divergierend in mehr oder weniger schräger Richtung gegen den vorderen bzw. hinteren Schaufelrand, wie ja auch die Schaufelzacken, soweit sie im seitlichen Teil des Schaufelrandes liegen, mehr oder weniger schräg gerichtet sind (vgl. auch die schräge Abweichung der Furchen vom Stangenschaft auf die

Sprossen bei den Edelhirschgeweihen). Feinere Nebenäste bilden dagegen mitunter ein unregelmäßiges Netzwerk (z. B. an der Dam-schaukel). Hinsichtlich mancher solcher zarter, eng beisammen-liegender Differenzierungen — z. B. bei den an Edelhirschgeweihen mitunter an der Verbreiterung unterhalb von Gabelbuchten in großer Zahl vorhandenen, parallel parabelförmig verlaufenden seichten Furchen — wäre übrigens zu erwägen, ob alle auf direkte Einwirkung von Gefäßen zurückzuführen sind oder ob es sich zum Teil nicht um Strukturen handelt, die sich benachbarten Gefäßfurchen sekundär angepaßt haben oder die mit anderen Verhältnissen, im angeführten Falle z. B. mit der Bindefirstbildung, in Zusammenhang stehen (vgl. die Wachstumsverhältnisse der Gefäße an den Sprossenbuchten, RUMBLER a).

An unserer Stange ist der schräge Richtungszug der Nebenäste, wie es scheint, infolge der mangelhaften Ausbildung der Sprossen unterblieben; es fehlte also gewissermaßen der Anlaß zur schrägen Richtung. Nur im untern Teile (von der Rose bis zu *H6*) und zwar hauptsächlich an der lateralen Seite, an welcher die seitlichen Verstärkungen der Höcker relativ kräftig sind, ist der Furchenverlauf gegen die Vorderkante hin vielfach noch ein ziemlich normaler (geschwungener). Sonst streben die Nebenäste allenthalben senkrecht der Vorderkante zu, unabhängig davon, ob sich an ihr gerade ein Höcker befindet oder nicht. Allerdings sind sie im Bereiche von solchen zumeist besonders kräftig entwickelt.

Im einzelnen liegen die Verhältnisse folgendermaßen.

Im untersten Abschnitt der Stange befinden sich an der Hinterseite drei stärkere (etwa 4—7 mm breite und bis 5 mm tiefe) und etwa ebensoviele schwächere (2—3 mm breite und gegen 2 mm tiefe) longitudinale Gefäßfurchen, welche zunächst der Rose relativ eng nebeneinander liegen. Medial die erste (äußere) Furche ist eine kräftige (Taf. 6 Fig. 5). Sie gibt zahlreiche Queräste nach der medialen Breitseite ab und ist in der Höhe der Höcker 5 und 6 zweimal gewellt und zwar so, daß beide nach außen konvexen Wellenhälften annähernd in der Höhe (nur ganz wenig tiefer) je eines der beiden nahe hintereinanderliegenden Höcker gelegen sind. Von der Höhe des Wellenbogens gehen beidemale 1—2 besonders deutliche Queräste gegen den entsprechenden Höcker ab. Bald nach der zweiten Welle biegt die Furche unter weitem Bogen auf die mediale Breitseite ab und läuft in ein paar nicht sehr deutliche

Queräste aus. Diese sind nicht gegen einen Höcker, sondern gegen das Zwischenkantenstück *H6—H7* gerichtet.

Bei Hirschgeweihen mit gut entwickelten Sprossen ziehen nur auf diese einzelne (stärkere) Furchen, welche in ihrer Richtung von der Hauptachse abweichen, und zwar indem selbständig von der Rose kommende Furchen auf die Sprossen abbiegen oder Hauptgefäße einzelne Zweige aussenden (s. RHUMBLER d). An der vorliegenden Stange erscheint diese Gefäßversorgung infolge der rudimentären Ausbildung der Sprossen größtenteils in der eben geschilderten Weise modifiziert. Starke Schlängelungen kräftiger Gefäßfurchen, wie sie sich im vorliegenden Falle häufig vorfinden, kommen an den Edelhirschgeweihen selten vor. An starken Geweihen kann man mitunter nahe den Gabelbuchten einzelne schärfere Wellungen wahrnehmen. Auch an den Schaufeln der Elche und Damhirsche findet man solche nur gelegentlich und zwar hauptsächlich bei zarteren Furchen. RHUMBLER a erklärt solche Schlängelungen durch nachträgliches Wachstum der Hauptgefäße in ihrem untersten Teil; so sind sie mitunter auch direkt über dem Rosenstock gewellt. — An der vorliegenden Stange fällt in die gleiche Höhe mit der Schlängelung im Bereiche eines Sprossenrudimentes mitunter auch eine gleichfalls mit der Sprossenbildung in Beziehung stehende schwache Vorwölbung im hinteren Teile der Stangenbreite (Andeutung eines Querwulstes, s. S. 270).

Während die bereits besprochene Furche relativ kurz ist, ziehen die beiden anderen starken Furchen der Stangenhinterseite nahezu die ganze Länge der Stange entlang und sind besonders kräftig. Im oberen Teile zieht die eine medial, die andere lateral von der hier durch Höcker (*I—III*) ausgezeichneten, breit abgerundeten Hinterseite der Stange. Ich bezeichne sie als die mediale und laterale Hauptfurche. Die mediale Hauptfurche liegt knapp innen (bzw. nach hinten) von der kurzen Furche (Fig. 5); das schmale, distal sich allmählich verbreiternde Feld zwischen beiden ist unregelmäßig geperlt und im distalen Teile mit einer undeutlichen Längsrinne versehen. Nach Abbiegung der kurzen Furche übernimmt die Hauptfurche das Aussenden der Queräste, und während sie bis daher gerade verlief, wird sie nun unregelmäßig wellig. Dabei sind wiederum zwei stärkere konvexe Bogen mit deutlichen Querästen gegen je einen Höcker (7 u. 8) gerichtet. Weiterhin sind diese Ausbiegungen zumeist nicht mehr so auffallend. Im Stangenstück, welches vorn und hinten Höcker besitzt, scheinen sich die

Wellenbogen möglichst den beiderseitigen Höckern anzupassen, doch ist die Tendenz, sich nach den Hinterhöckern auszubiegen, die vorherrschende, besonders wenn vorn und hinten in der gleichen Höhe ein Höcker liegt. Das hängt wohl damit zusammen, daß die Furche nahe an den Hinterhöckern liegt; die Entfernung zu den Vorderhöckern ist demgegenüber stets groß. Einen besonders kräftigen Wellenberg bildet die in Rede stehende Furche noch entlang der Basis des ersten langgestreckten Hinterhöckers. Hier sendet sie außer nach vorn auch nach der entgegengesetzten Richtung, auf die mediale Wand des Höckers hinan, ziemlich deutliche Queräste. Auch weiterhin (Fig. 9) gibt diese Hauptfurche solche hintere Äste auf die eigentliche Stangenhinterseite und auf Höcker II ab. Dann werden sie, wie die Furche selbst, undeutlicher. Letztere läßt sich immerhin weiter verfolgen, nimmt einen unregelmäßigeren Verlauf an, gibt auf die Hinterseite der Gabelzacke eine undeutliche „Zweig-“ und „Sprossenbucht“-Gefäßfurche ab und tritt auf das Stangenende über. Bald oberhalb der Basis desselben findet sich eine schräg distal verlaufende Anastomose mit der lateralen Hauptfurche. Die mediale läßt sich dann noch ungefähr bis zur halben Länge des Stangenendes mit einiger Sicherheit erkennen.

Zwischen den beiden Hauptfurchen liegt die eigentliche Hinterseite der Stange. Sie erscheint infolge der bedeutenden Tiefe der Hauptfurchen etwas erhöht, und auf ihr verlaufen die drei bis vier mehr oder weniger deutlich ausgeprägten, schmalen, longitudinalen Gefäßfurchen (Fig. 6). Gegen *HI* zu werden sie besonders undeutlich und lassen sich weiterhin nicht mehr mit Sicherheit verfolgen.

Die laterale Hauptfurche (Fig. 6) verläuft bis zum ersten Hinterhöcker ohne nennenswerte Krümmung; an der Basis desselben biegt sie sich aber mit einem kräftigen muldenförmigen Wellenberg gegen den Höcker vor und verläuft dann bis etwas über den Höcker II hinaus unter vierfacher Wellung scharf geschlängelt (Fig. 8). Manche Wellenhälften sind entweder in der Höhe eines vorderen oder eines hinteren Höckers bzw. einer niederen Kanten-erhebung vorgebuchtet, doch treten diese Beziehungen hier nicht klar hervor. Von *HI* ab ist diese Furche etwas weiter von der Mittellinie der Hinterseite entfernt als die mediale. Oberhalb des *HII* nimmt sie wieder einen ziemlich geraden Verlauf an und beschreibt von *HIII* bis über die Gabelzacke hinaus einen langen, nach vorn flach konvexen Bogen. Das Ende desselben kommt wieder auf die Hinterseite des Stangenendes zu liegen, und hier mündet die Anastomose

mit der nun nahen, gleichfalls auf der Hinterseite befindlichen medialen Furche ein. Von da an verläuft die laterale Furche longitudinal und gabelt sich bald in zwei knapp nebeneinander aufwärts ziehende Äste, welche erst ungefähr 48 mm unter der Spitze verschwinden. In der Höhe unterhalb der Gabelzacke (16) zweigt von der lateralen Hauptfurche ein Ast schräg nach vorn ab, welcher sich bald wieder in zwei Äste teilt. Der eine zieht auf die vordere Fläche der Zacke, der andere auf die Vorderseite des Stangenendes, auf welchem er sich bis in das zweite Drittel hinauf verfolgen läßt (Fig. 7). In die letztgenannte Teilungsstelle mündet auch die von der Totenlade heraufkommende Längsfurche ein. Der Ast auf der Endspresse kann daher ebensogut als Fortsetzung dieser Furche gedeutet werden. Von diesem Endsprossenast scheint die an der Vorderseite der Endgabelbucht befindliche „Sprossenbuchtgefäßfurche“ auszugehen.

Auch die laterale Hauptfurche gibt, mit Ausnahme im untersten Stangenteil, allenthalben Queräste an die (laterale) Breitseite der Stange ab.

Im basalen Abschnitt wird der vordere Stangenteil, d. h. in diesem Falle das Gebiet an den Breitseiten jederseits von den longitudinalen Furchen, von schmälere Gefäßfurchen überzogen, welche von der Rose kommen und hauptsächlich zum Augensproß und zu den anderen unteren Sprossenrudimenten ziehen, zum Teil in ähnlicher Weise wie bei normalen Geweihen. An der medialen Seite (Fig. 5) gehen von der Rose, knapp neben der kurzen longitudinalen Hinterfurche, ungefähr sechs kräftige Rillen aus, welche stark schräg nach vorn gerichtet sind und konvergierend gegen den Höcker 2 ziehen (bei normalen Geweihen ist die Gefäßversorgung der Eissprosse an der medialen Seite eine kompliziertere, siehe RHUMBLER). Nach vorn anschließend folgen weitere sechs Rillen, die in apikal konvex geschwungenem Verlauf auf die mediale Seite der Augensprosse übergehen. Oberhalb des Höckers 2 überqueren die Breitseite schwach ausgeprägte Rillen, die im Zwickel zwischen der kurzen longitudinalen Hinterfurche und der schrägen Rillung für H_2 teils von jener, teils von dieser ausgehen, sich infolge der verschiedenen Richtung an den Ausgangsstellen anfangs vielfach kreuzen, bald aber durchweg in nahezu querer Richtung gegen den Vorderwand in das Gebiet von H_3 (zwischen H_2 und H_4) ziehen. Die von der Längsfurche in nahezu rechtem Winkel ausgehenden Quersprossen verlaufen nämlich durchweg quer, während die von der Eissprossen-

rillung abzweigenden Äste zunächst schräg apical ziehen und erst allmählich in die quere Richtung abbiegen. Von *H4* an beginnen die Queräste der kurzen Längsfurchen.

Auf der lateralen Breitseite (Fig. 4) verhalten sich die Rillen für die Höcker 1—3 ähnlich wie an der medialen. Das Stück von *H3* aufwärts bis zum Querwulst 6a wird dagegen statt von einer hauptsächlich von vier Gefäßfurchen versorgt, die, jede einzeln nebeneinander, seitlich von der lateralen Hauptfurche an der Rose ausgehen und hier den Zwischenraum zwischen dieser Furche und den Querrillen für die Höcker 1—3 ausfüllen. Sie verlaufen zunächst etwas geschweift longitudinal. Die äußerste steht anfangs entsprechend der kurzen Längsfurche an der medialen Seite mit der Rillung für das Gebiet *H3* in (loser) Verbindung, gibt weiterhin Queräste für das Stück bis *H5* ab und biegt knapp vor diesem Höcker zur Kante ab. Die anderen Furchen sind der Reihe nach länger und ziehen unter schräger Abbiegung und mehrfacher Verzweigung in das Gebiet von *H5*, bzw. *H6* und 6a. Dann beginnen die Queräste der lateralen Hauptfurche, das ist etwas früher (mehr proximal) als jene der medialen.

Das Stangenstück zwischen *H3* und 6 wird also an der medialen Breitseite von einer relativ kräftigen longitudinalen Furche versehen, an der lateralen dagegen vornehmlich von vier schwächeren. Der Grund für diesen Unterschied dürfte in der kräftigen Ausbildung des Seitenpeilers für *H5* und des Querwulstes 6a an der lateralen Breitfläche zu suchen sein. Denn auch an den normalen Hirschgeweihen entspringen, wie vorhin angedeutet, die Gefäßfurchen der einzelnen Sprossen vielfach direkt an der Rose. Im vorliegenden Falle haben namentlich auch die Rillen der rudimentären Eissprosse, die besonders an beiden Breitseiten durch einen ziemlich kräftigen Querwulst markiert erscheint, einen selbständigen Ursprung (vgl. S. 265). Der direkte Abgang der Rillen auf den Augensproß entspricht gleichfalls dem normalen Zustand und zwar, wie auch an der Eissprosse, in erster Linie den Platzverhältnissen für die Gefäßfurchen rings an der Oberfläche des Stangenbeginnes (vgl. dagegen RHUMBLER d bezüglich der Eissproßrillen).

4. Wie war die Stange am Hirschkopf orientiert?

Nachdem wir nun einen Einblick in die merkwürdigen Formverhältnisse dieser Stange erlangt haben, kann ihre Orientierung in

bezug auf das normale Hirschgeweih sowie hinsichtlich ihrer Stellung, welche sie vermutlich am Kopfe ihres Trägers eingenommen hat, besser beurteilt werden. Infolge der eigenartigen Biegungs- und Drehungsverhältnisse der Stange läßt sie sich im Ganzen nicht in allen ihren Teilen übereinstimmend nach einer normalen Geweihstange orientieren. Im allgemeinen erscheint es aber zweifellos, daß im basalen Teile die schmale Kante nach vorn gekehrt war. Denn sie fällt mit der gewöhnlich nach vorn gerichteten Augensprosse in eine Richtung, und die kräftigen Hauptgefäßfurchen liegen an der entgegengesetzten, also wie bei normalen Geweihen an der hinteren Seite; ferner beginnen die Sprossenrudimente an der als Vorderkante zu bezeichnenden Seite entsprechend dem normalen Zustand an dieser gleich basal und sind zahlreicher als an der entgegengesetzten abgerundeten hinteren Schmalseite. Den Schmalseiten der Stange entsprechen weiter jene der ovalen Rose, deren Längsachse bekanntlich normalerweise gleichfalls von hinten nach vorn (etwas schräg medial) gerichtet ist. Bei der absonderlichen Gestaltung der Stange ist es allerdings nicht ganz ausgeschlossen, daß auch ihre Stellung am Kopfe bzw. am Rosenstock eine ungewöhnliche war.

Im weiteren Verlaufe der Stange, in welchem ihr vorderer scharfkantiger Teil infolge der Drehung lateral umgelegt erscheint, wird auch die kräftige mediale Hauptgefäßfurche der Hinterseite etwas nach vorn verlagert, so daß sie nun von vorn sichtbar ist. Das gilt mehr oder weniger auch von den entsprechenden Gefäßfurchen an normalen Geweihen. Die starke Einwärtsdrehung der Stange im Abschnitt gegen die Endgabel zu, welche besonders an den hier nach vorn gebogenen Verlauf der lateralen Hauptfurche und an der etwas einwärts gerichteten Stellung der Gabelzacke zum Ausdruck kommt, ist gleichfalls mitunter bis zu einem gewissen Grade an gewöhnlichen Geweihen zu erkennen (s. S. 256). Auch die Abflachung des Stangenstückes unmittelbar unter der Gabelung in der Ebene derselben entspricht zum Teil einem bei Gabelbildungen häufig zu beobachtenden Vorkommnis (im vorliegenden Falle ist dabei aber jedenfalls auch die allgemeine abnormale Gestaltung der Stange von Einfluß gewesen).

Diesen Orientierungsverhältnissen nach ist es zweifellos, daß die rudimentäre Zacke der Endgabel der „vorderen Kronensprosse“ und das lange Ende der „hinteren Kronensprosse“ entspricht. An letzterer fällt auf, daß sie nahezu gerade ist und in direkter Fortsetzung der an sich eigenartigen Rückwärtsbiegung der Stange ver-

läuft, während sie sonst an Stangen mit wohlentwickelter Endgabel zumeist mehr oder weniger gebogen ist und von der Geweihachse beträchtlich abweicht. Das hängt offenbar mit der einer allgemeinen Eigentümlichkeit dieser Stange entsprechenden schwachen Ausbildung der Vordersprosse zusammen, indem letztere aus diesem Grunde während der Entwicklung auf die Form und Richtung der Endsprosse keinen nennenswerten Einfluß ausüben konnte. Damit in Zusammenhang konnte sich auch die Endsprosse verhältnismäßig stark und lang entwickeln. Die rudimentäre Zacke weicht ziemlich stark von der Stangenachse ab.

Ob die Stange am Kopfe abnormal gestellt war (z. B. relativ steil, wie bei einstängigen Geweihen, vgl. v. SCHELER), entzieht sich naturgemäß der Beurteilung. Dem vermutlich hohen Alter des Trägers nach dürfte sie ziemlich stark nach außen gerichtet gewesen sein. Mit Rücksicht auf die „steife Form“ (RÖRIG a III) der Stange hätte andererseits das Geweih — wenn die zweite Stange in gleicher Weise entwickelt war — eine geringe Spannweite gehabt.

5. Über die Strukturverhältnisse.

Die relative Stärke der Gefäßeindrücke und die verhältnismäßig starke Abglättung der erhabenen Stellen an der Oberfläche unserer Stange deuten bereits darauf hin, daß, abgesehen von einem allenfalls besonders starken Blutdruck zur Bastzeit, die Konsistenz der Stangensubstanz eine relativ geringe ist. Ihre Oberfläche läßt sich auch leichter einritzen als die eines normalen, ausgereiften Geweihes. Zum Teil mag das allerdings auf die Verwitterung zurückzuführen sein. Diese ist im allgemeinen aber keine tiefgreifende, da vielfach noch die feinen Poren bzw. die durch die Abnützung eröffneten Blutgefäßkanälchen (HAVERS'sche Kanälchen) zu erkennen sind, welche sich bei normalen Geweihen ganz oberflächlich an der Substantia compacta zahlreich und dicht beisammen vorfinden. Bekanntlich bleibt die Erhärtung der Geweihe bzw. einzelner Teile mitunter eine mehr oder weniger mangelhafte (vgl. z. B. die Gipfel der Stangen der ersten Altersstufen und zurücksetzender Hirsche, DOMBROWSKI b, RAESFELD); dagegen ist die Verknöcherung bei den Perückengeweihen (beim Reh) eine ziemlich feste; auch sind die Hirschgeweihe bereits zur Zeit des Fegens sehr hart. Die Konsistenz der ausgebildeten Geweihe kann bekanntlich auch an sich z. B. nach den örtlichen Verhältnissen verschieden fest sein (vgl. beispiels-

weise den Unterschied zwischen den Gebirgs- und Landhirschen der Bukowina, BOTEZAT a; die Geweihe der ersteren, kleineren Rasse sind dunkler und kompakter). Der relativen Weichheit der Stangensubstanz dürfte auch eine stärkere Plastizität derselben zur Zeit der Geweihentwicklung entsprochen haben; das äußert sich in der starken Einsenkung der Gefäße sowie in den zahlreichen, in verschiedener Form vorhandenen Höckerbildungen an den Kanten. Die relativ geringe Konsistenz der Stangensubstanz mag auch mit ein Grund sein, daß der pathologische Prozeß im dritten Stangenabschnitt eine so tiefgreifende Wirkung ausüben konnte.

Das Mengenverhältnis zwischen kompakter und spongiöser Substanz in dieser Stange läßt sich zunächst an der Totenlade bis zu einem gewissen Grade erkennen, da die Substantia compacta an der Innenseite des Rinnenrandes ziemlich deutlich abgegrenzt ist. Sie ist hier bei einem Querdurchmesser dieses Stangenteils von etwa 40 mm gegen 5 mm dick, also im Verhältnis zu normalen runden Stangen, bei welchen dieses Maß in derselben Gegend bei gleicher Gesamtdicke noch einmal so groß und darüber sein kann, ziemlich dünn. Die Substantia spongiosa greift auch in die (längsgeteilten) Höcker hinein, und die S. compacta ist nur an deren Gipfel etwas dicker.

An einem mir vorliegenden Querschnitt durch ein einseitig etwas kantig ausgezogenes Stück (Längsdurchmesser 60 mm, Querdurchmesser 38 mm) oberhalb der Augensprosse (der „frontale Kamm“, s. S. 254) einer normalen, kräftigen Abwurfstange eines Edelhirsch-Zehners mißt die eigentliche Spongiosamasse im Querdurchmesser 15 mm; diese wird von einer ziemlich deutlich unterscheidbaren dunkler aussehenden Übergangszone umgeben, welche am Längsschnitt in kompakter Substanz locker verteilte feine Längsspalten aufweist, während die eigentliche S. spongiosa hier das bekannte enge, rundlich- bis längsmaschige Balkenwerk bzw. Röhrensystem (ohne Trajektorien) zeigt. Die Übergangszone mißt am Querdurchmesser des Stangenquerschnittes jederseits etwa 4 mm, die peripher folgende eigentliche homogene S. compacta ungefähr 7 mm. Am Längsdurchmesser sind diese Verhältnisse gegen die abgerundete Schmalseite hin ungefähr dieselben; an der Kantenseite ist jedoch die S. compacta und namentlich die Übergangszone verhältnismäßig dicker (beide messen hier je 12 mm); letztere erscheint in ihrem inneren Teil kompakter als im äußeren. Es sind also hauptsächlich

diese zwei Schichten, welche der Kantenbildung entsprechend stärker ausgebildet sind. An Querschnitten durch runde Teile dieser Stange ist die Übergangszone und ebenso die *S. compacta* ringsum ziemlich gleich dick. Das nämliche gilt auch für das stark abgeplattete Stück (Längsdurchmesser 85 mm, Querdurchmesser 27 mm) unterhalb der Endgabel dieser Stange, an welchem beide Schmalseiten abgerundet sind (die hintere ist etwas schmaler als die vordere).

An der abnormalen Stange scheint eine solche Übergangszone weniger deutlich ausgeprägt zu sein. Wenigstens ist die Oberfläche der Totenlade in jeder Höhe bis zur relativ dünnen Compactaschicht hinauf ziemlich gleichmäßig, und zwar ausgesprochen spongiös. Ein von Herrn Prof. R. KIENBÖCK hergestelltes RÖNTGEN-Bild der Breitseitenansicht, das sowohl einen Teil des Totenladenabschnitts als auch das proximal angrenzende Stangenstück mit unversehrter Kante enthält, zeigt seiner ganzen Länge nach ungefähr in der Mitte der Stangenbreite, das ist noch unter (hinter) dem Totenladenboden, eine ziemlich scharfe longitudinale Abgrenzung der *S. spongiosa* in Gestalt eines auf der Kopie dunkleren, gegen die Kante zu allmählich lichter werdenden Streifens. Dieser dürfte am RÖNTGEN-Bild mit der Querkrümmung bzw. der Dickenabnahme der Stange nach vorn zu in Beziehung stehen. Außerdem erscheint der vordere Teil der Stange vom Streifen an feiner längsgestrichelt als der hintere, und diese Struktur wird gegen die Kante zu allmählich noch zarter. Nebst der Spongiosastruktur kommen am Radiogramm namentlich auch die starken longitudinalen Gefäßfurchen infolge des Vorspringens ihrer Ränder und stellenweise die Querrillen der Stangenoberfläche zum Ausdruck.

Derartige einzelne Vergleiche an verschiedenen Geweihen können naturgemäß nicht ohne weiteres verallgemeinert werden, da selten die ganz gleichen Bedingungen in bezug auf den jeweiligen Verknöcherungszustand, auf die Dicke und Lage der untersuchten Stellen usw. vorliegen. Dazu wären umfangreichere Studien erforderlich. Mir handelte es sich nur darum, durch eigenen Augenschein einen allgemeinen Einblick in diese Verhältnisse zu erlangen. Hierzu wurden noch zwei weitere RÖNTGEN-Aufnahmen gemacht, die nebenbei kurz erwähnt seien. Am Radiogramm eines runden Stückes nahe der Endgabel einer normalen Edelhirschstange mit 6 Enden nimmt die Dichte der ziemlich grob gestrichelten Spongiosastruktur erst nahe den beiden, in natura tiefer gelegenen Rändern infolge der Dickenabnahme des durchleuchteten Stangenstückes gleichmäßig

ab; die Strichelung selbst wird nicht zarter. Am RÖNTGEN-Bild eines annähernd ebenen Stückes einer schweren Elchschaukel findet sich, abgesehen von Andeutungen der Oberflächenfurchen nahe dem hinteren Rande eine zarte, nur mit der Lupe wahrnehmbare, kurz gestrichelte Struktur, die gegen die Schaufelmitte in eine körnige übergeht und gegen den Zackenrand hin stets feiner wird. Die Seitenzacken selbst erscheinen homogen, zeigen aber keine deutliche Fortsetzung in die Schaufel hinein; das „Schaufelskelet“ kommt hier also in der inneren Struktur nicht mehr zum Ausdruck (s. die Theorie RÖRIG's a I von der Entwicklung der Schaufeln). In die Endzacke erstreckt sich axial noch auf ein kurzes Stück die körnige Struktur. — Über die feineren Strukturverhältnisse des Hirschgeweihs und deren funktionelle Bedeutung vgl. GEBHARDT.

Eine eigentliche Perlung ist abgesehen von der Rose nur stellenweise deutlich, aber keineswegs besonders kräftig ausgebildet, so an den Querrillen für H_2 , an der Hinterseite des Abschnitts *B* sowie in schwacher Weise vorn und hinten im distalen Teile des Abschnitts *C*, endlich, wieder etwas kräftiger, im Bereiche der Gabelung. Im übrigen nehmen den größten Teil der Stangenoberfläche die Querrillen der Breitseite ein, von welchen jede von der nächsten meistens durch einen ziemlich kontinuierlichen schmalen Wulst getrennt ist. Mitunter, so besonders an der medialen Breitfläche des Abschnittes *A*, erscheinen diese Wülste streckenweise in einzelne perlartige Höckerchen aufgelöst. Der Haupttrichtungszug der letzteren ist dabei entsprechend dem Rillenverlauf nicht wie bei den normalen Geweihen ein longitudinaler, sondern ein querer.

Nebenbei sei hier ein morphologisches Strukturdetail erwähnt. An der medialen Breitseite befindet sich etwas oberhalb der Höhe des Höckers 8, ungefähr am Übergang des hinteren Stangenteils in den vorderen, eine unregelmäßig ovale seichte Vertiefung, deren Längsdurchmesser (9 mm) etwas schräg apical nach hinten gerichtet ist. Senkrecht zu diesem verläuft in der Mitte der Vertiefung ein schmaler höckeriger Wulst. Eine ganz ähnliche Bildung fand ich an der Außenfläche einer normalen Schaufel eines starken sibirischen Elchs nahe einer Zackenbucht; der Wulst ist hier aber nahezu auf ein zentrales Höckerchen reduziert. Offenbar handelt es sich um eine Störung während der Bildung der äußersten Lage dieser Geweihstücke.

In bezug auf die feinere Oberflächenstruktur haben die erhabenen Stellen, wie an normalen Geweihen, ein kompaktes,

geglättetes Aussehen. Die Glättung rührt zum Teil offenbar auch vom häufigen Abgreifen durch Menschenhand her. Bei Lupenvergrößerung sind an ihnen fast überall mehr oder weniger zahlreiche feine, punkt- bis strichelförmige oder verästelte Vertiefungen zu erkennen, die von den vorhin erwähnten, feinen Blutgefäßkanälchen an der Oberfläche der kompakten Substanz herrühren und auch bei normalen Geweihen an wenig abgenützten Stellen vorhanden sind (z. B. am Übergang zum stark abgeschliffenen elfenbeinfarbigem Endteil der Sprossen). Die anderen Stellen, besonders an der medialen Seite im vorderen, gegen die Kante zu gelegenen Stangenteil, zeigen bei genauer Betrachtung eine lockrere Struktur und erscheinen vielfach feinblättrig abgeschilfert. Diese Abblätterung der immerhin noch ziemlich konsistenten Substanz bildet öfters schwach bogenförmige bis runde, flache Vertiefungen. Solche Abschilferungen finden sich namentlich in den Rillen. Sie überqueren hier deren ganze Breite und bilden lamellöse dicht hintereinanderliegende gerade oder bogenförmige Abstufungen. Ihr freier Rand fällt dabei vorherrschend in der Richtung des Verlaufes der Gefäßfurche ab. Derartige Strukturen sind insbesondere auch an der Oberfläche der Totenlade vorhanden. Ganz Übereinstimmendes konnte ich weder an rezenten noch an fossilen Geweihen verschiedener Cerviden-Arten finden. Am nächsten kommt eine an der unversehrten Oberfläche erkennbare feine unregelmäßig netzartige Struktur, die sich öfters im mittleren Teil von starken Schaufeln des Elchs und insbesondere vom Damhirsch vorfindet; auch kann man Ähnliches an verbreiterten Stellen, namentlich unterhalb von Gabelbuchten, bei Edelhirschgeweihen wahrnehmen. An macerierten Bastgeweihen von Hirschen und von Rehperückengeweihen konnte ich nichts derartiges sehen; ihre Oberflächenstruktur erscheint größtenteils fein porös, zumeist mit longitudinalen Richtungszug (s. auch RAESFELD). Frisch gefegte Schaufelgeweihe standen mir nicht zur Verfügung.

Bei dem abnormalen Zustande der vorliegenden Stange fragt es sich, ob diese von mir sonst nicht beobachtete Oberflächenstruktur nicht etwa auf einen pathologischen Prozeß zurückzuführen ist. Nach Ansicht des Herrn Prof. KOLISKO ist das nicht anzunehmen; vielmehr handelt es sich offenbar um eine Verwitterungserscheinung. Daß diese sich hauptsächlich an den vertieften Stellen vorfindet, kann davon herrühren, daß an ihnen die Oberfläche weniger kompakt war als an den Erhebungen (Rillenwülsten und Perlen), bzw. daß an

diesen die oberflächliche, lockerere Lage bereits größtenteils abgeschliffen ist.

Im ganzen machen die Strukturverhältnisse sowie die geringe Härte den Eindruck, daß auch die Oberflächenbeschaffenheit dieser Stange keine ganz normale bzw. eine nicht vollkommen ausgebildete ist.

6. Über die Oberflächenfärbung der Hirschgeweihe im allgemeinen und der vorliegenden Stange im besonderen.

Die Stange ist im Freien offenbar längere Zeit mit dem größten Teile der medialen Breitseite — der Form der Stange entsprechend im basalen gedrehten Abschnitt mit der Kante, im distalen Teil mit dem Lappenvorsprung und der Gabelzacke nach aufwärts — unbedeckt gewesen, während ihr übriger Teil dem Boden auflag bzw. in diesem eingebettet war. Denn die Oberfläche ist an der medialen Seite ziemlich einheitlich gebleicht lichtgrau, während der übrige Teil an vielen Stellen mehr oder weniger rötlich- bis dunkelbraun erscheint. Ferner ist die mediale Seite stärker abgeschliffen und erodiert und weist auch fast ausschließlich die Nagespuren von Mäusen auf.

Die erwähnte rötlich-braune Färbung erstreckt sich zum Teil gleichmäßig auf ein größeres Gebiet, zum Teil ist sie fleckig und zeigt eine verschiedene Intensität von Lichtgelbbraun bis Schwärzlich. Außerdem findet sich auch an der Abwurffläche ein schwärzlicher Fleck. Da die Stange längere Zeit hindurch im Freien gelegen hatte und auch im Gebrauch des Menschen stand, ergibt sich die nicht leicht zu entscheidende Frage, ob diese Färbung tatsächlich auf die charakteristische, braune Färbung gefegter, reifer Geweihe zurückzuführen ist oder ob sie, allenfalls nur zum Teil, nachträglich auf andere Weise zustande gekommen ist. Die Entscheidung, ob normale Geweihfärbung vorliegt oder nicht, ist in unserem Falle — abgesehen zur ungefähren Bestimmung, wielange die Stange im Freien gelegen hatte — für eine weitere Frage von Wichtigkeit, ob nämlich die Stange gefegt oder nicht etwa bis zum Abwurf ganz oder teilweise mit Bast bedeckt war. Im letzteren Falle wäre der Bast erst nachträglich zugrunde gegangen. Die Beantwortung dieser Frage ist hinwiederum zur Beurteilung der Art der Abnormalität von Belang; denn bekanntlich gibt es abnormale Geweihe, die den Bast bis zum Tode des Individuums behalten (Perückengeweihe).¹⁾ Mit-

1) Bekanntlich wird auch angenommen, daß die phylogenetisch ältesten Geweihe nicht gefegt wurden.

unter, so bei männlichen Renntierkastraten (TANDLER u. GROSS), wird das Geweih nicht reingefegt, sondern trägt noch zur Zeit des Abwurfs Bastfetzen.

Bevor ich auf die Färbungsverhältnisse der Oberfläche der Stangenabnormität eingehe, sei einiges über die braune Oberflächenfärbung der Cerviden-Geweihhe im allgemeinen bemerkt.

Die herrschende, insbesondere auch in Jägerkreisen verbreitete Ansicht über das Zustandekommen dieser Färbung (vgl. z. B. die Zusammenstellung bei K. BRANDT) geht bekanntlich dahin, daß sie beim Abfegen des Geweihbastes an Holzgewächsen durch die färbende und gerbende Einwirkung der verletzten Holzrinde verursacht wird. Außerdem beteiligen sich nach Ansicht vieler Autoren an derselben auch Blutreste von den beim Fegen verletzten Blutgefäßen des Geweihbastes sowie Erdbartikelchen infolge des Wühlens mit dem Geweih im Erdboden. Dabei wird zumeist angenommen, daß die Pflanzen- bzw. Erdstoffe nicht als mechanische Beimengung, sondern durch einen chemischen Vorgang die Färbung hervorrufen. Dafür tritt insbesondere A. RÖRIG ein. BOTEZAT a vermutet, daß sich nach dem Abfegen in den oberflächlichen Schichten der Geweihhe auch Pigmentstoff ablagert.

In neuerer Zeit ist hingegen v. KORFF auf Grund histologischer Untersuchungen am Rehgeweih zu der Anschauung gelangt, daß es sich hier nicht um vegetabilische Einflüsse, sondern in erster Linie um einen mehr oder weniger dicken Krustenbelag aus Blutgerinnsel von bräunlicher Färbung (infolge von Hämoglobinkrystallen) und aus Staub handelt; dazu kommt noch die Beimischung von zahlreichen anderen Fremdkörpern, besonders von Erdteilchen, welche häufig mitbestimmend für den Farbenton der Oberflächenfärbung sein dürften. An vielen Stellen, an welchen der Oberflächenbelag nur sehr dünn ist, sind die Poren der Knochensubstanz bis zu einer gewissen Tiefe mit Fremdkörpern (Staubkörnchen) und Resten von geronnenem Blut gefüllt. Makroskopisch zeigt sich hier nur eine geringe Färbung. Als Stütze seiner Ansicht führt v. KORFF an, daß bei Cerviden, welche in Gefangenschaft leben und keine Gelegenheit zum Fegen an frischen Holzgewächsen haben, trotzdem eine Verfärbung der Geweihhe — wenn auch nach RÖRIG nicht die natürliche echte — eintritt. Ferner verweist v. KORFF auf die breiten Schaufeln des Elchgeweihes, welche auch in den mittleren Stellen gefärbt sind, obgleich diese beim Fegen wohl unmöglich mit der Baumrinde in Berührung

kommen können. Die freien zugespitzten Enden der Stange, welche das Abstreifen der Baumrinde bewirken, sind dagegen fast immer ungefärbt.

Bevor mir die Arbeit v. KORFF's bekannt war, hatte ich Gelegenheit, mit Herrn Prof. H. MOLISCH, dem Vorstand des Pflanzenphysiologischen Instituts der hiesigen Universität, über dieses Thema zu sprechen, wobei sich Prof. MOLISCH in liebenswürdiger Weise bereit erklärte, den fraglichen Farbstoff mikrochemisch zu untersuchen. Zur Untersuchung gelangte ein Stück vom apicalen Teil einer fünfsprossigen Abwurfstange eines Karpathenhirsches. Als Ergebnis teilte mir Prof. MOLISCH folgendes mit:

„Quer- und Längsschnitte lassen leicht erkennen, daß die braune Färbung hervorgerufen wird

1. durch eine oberflächliche, größtenteils aufgelagerte, dünne, braune Kruste und
2. durch einen in den peripheren Blutgefäßkanälen liegenden braunen Farbstoff.

a) Die Kruste.

Die braune Kruste hat eine sehr komplizierte Zusammensetzung. Sie läßt sich, wenn man das Geweihstück für 1 Tag ins Wasser gelegt hat, leicht mit einer Nadel oder einem Spatel abkratzen und weist bei mikroskopischer Untersuchung unter anderem kleine Bruchstücke von Baumrindengewebe, Rindenzellen, Pflanzen- und Tierhaare, Bakterien, Pilzfäden und Erdteilchen auf. Die Rindenzellen erscheinen mit braunem Inhalt, der sich teilweise aus Gerbstoff-Phlobaphenen (Rindenfarbstoffen) zusammensetzt, erfüllt, und diese Zellen und der daraus gebildete Detritus trägt vornehmlich zur Braunfärbung der äußersten Schichte bei.

b) Die braunen Kanäle.

Der Inhalt der Blutgefäßkanäle der äußeren Geweihzone ist auf weite Strecken durch einen braunen Farbstoff diffus gefärbt. Welcher Farbstoff hier vorliegt, kann ich nicht bestimmt sagen. Es ist möglich, daß es sich hier um Derivate des Blutfarbstoffs handelt, auch an Melanine wäre zu denken, da sich der Farbstoff gegen Alkalien und Säuren sehr widerstandsfähig erweist.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Ansicht der Jäger, wonach die Färbung der Geweihe vornehmlich durch Fegen an Baumrinden zustande kommt, mit Rücksicht auf die erwähnte auf mechanische Weise gebildete Kruste richtig ist; der mikroskopische

Befund spricht aber dafür, daß der Kanälchenfarbstoff anderen Ursprungs ist und vielleicht von dem Tiere selbst erzeugt wird.“

Herr Prof. MOLISCH stellte in Aussicht, diese Untersuchungen in seinem Institut gelegentlich in größerem Umfange, namentlich an Geweihen aus verschiedenen Jahreszeiten, aus verschiedenen Gegenden und von mehreren Cerviden-Arten vornehmen zu lassen. Auch die braune Verfärbung der Oberfläche der Hirschzähne (s. auch deren abgenützte glatte Kauflächen!) würde dann zum Vergleich heranzuziehen sein. Vorläufig wäre besonders im Hinblick auf die Ausführungen v. KORFF's zu jenen von MOLISCH noch zu bemerken, daß stellenweise und zwar besonders, wenn seit dem Fegen nicht zu lange Zeit verstrichen ist, in der Kruste auch größere Ansammlungen von Blutgerinnsel anzutreffen sein werden und daß meistens auch eine gelegentliche größere Beimengung von Erdteilchen, Pech u. dgl. die eigentliche, durch Rindenzellen hervorgerufene Färbung bis zu einem gewissen Grad beeinflussen wird. Die eigentümliche Geweihfärbung der in gehölzfreier Einfriedung gehaltenen Hirsche mag zunächst auf Blut, weiterhin namentlich auf Erdteilchen u. dgl. Verunreinigungen zurückzuführen sein. Ob sich die natürliche HolZRindenfärbung des Geweihes des sich hauptsächlich in Wäldern aufhaltenden Elchs nicht doch auch auf die mittleren Partien der an der medialen Fläche mehr oder weniger muldenförmig eingebuchteten Geweishaufel ausbreiten kann, wäre genauer zu untersuchen. Die Endspitzen sind licht und glatt, weil an ihnen infolge des fortwährenden Anstoßens, Reibens u. dgl. die natürlichen Oberflächenrauigkeiten des Geweihes, welche knapp vor dem Fegen bis zur Spitze reichen, abgeschliffen werden (vgl. z. B. SOEMMERING) und ein mechanischer Krustenbelag sich nicht auf die Dauer halten kann (vgl. dagegen die Anschauung ZIMMER's). Anschließend sei noch erwähnt, daß Prof. S. v. SCHUMACHER und ich bei einer gelegentlichen Untersuchung von Proben einer ausgereiften Hirschstange mit Kochsalzeisessig keine Hämkristalle nachweisen konnten.

An der abnormalen Stange machen, wie auch zahlreiche Sachverständige bestätigten, manche Stellen — so namentlich im basalen Abschnitte im Bereiche der Hauptfurchen und besonders an der medialen Rillung, die gegen Höcker 2 zieht — dem äußerlichen Aussehen nach ganz den Eindruck einer normalen und zwar dunkel- bis schwärzlich-braunen Geweihfärbung. Sie erstreckt sich an den genannten Stellen auf größere Strecken gleichmäßig und zwar sowohl auf die Erhebungen — abgesehen jedoch

von den abgenutzten Stellen — als auch auf die Vertiefungen der Oberfläche. Diese Verhältnisse sprechen dafür, daß diese Färbung keine sekundäre ist, die allenfalls erst nach dem Bleichen der ursprünglichen Färbung etwa durch Berührung mit Vegetabilien (modernen Blättern u. dgl.) während des Liegens im Freien hervorgerufen wurde.

Um eine Beschädigung der Stange zu vermeiden, wurden zur feineren Untersuchung nur einzelne oberflächliche Splitter abgeschabt. Für eine verlässliche mikrochemische Untersuchung waren sie leider nicht ausreichend. Unter dem Mikroskop zeigten sie ein ähnliches Bild wie entsprechende Splitter von normalen Geweihen. Es fallen hauptsächlich die stark braungefärbten Blutgefäßkanälchen auf, während das übrige Gewebe eine mehr oder weniger gelbliche bis braune diffuse Färbung aufweist. Nach Behandlung mit Kalilauge konnte man, wie auch an Proben von anderen Geweihen, einzelne Gebilde von $4,5 \mu$ Durchmesser erkennen, die wie rote Blutkörperchen aussahen.¹⁾ Ob es sich dabei tatsächlich um Hirschblutkörperchen handelt, die etwa noch von den Bastgefäßen herkommen, möchte ich der ganzen Sachlage nach unentschieden lassen, zumal der Nachweis von Hämkristallen in beiden Fällen gänzlich negativ ausfiel. Der mikroskopische Befund ist an allen dunklen Stellen der Stangenoberfläche, also auch an den sogleich zu besprechenden Flecken, der nämliche. An den gebleichten Teilen finden sich nur in den Kanälchen noch Spuren von Braunfärbung, ferner gelegentlich einzelne blutkörperchenähnliche Gebilde. Proben vom Fleck an der Abwurffläche zeigen infolge der dort bestehenden anderen Strukturverhältnisse ein etwas abweichendes Bild (s. unten). — Biologische Untersuchungen wurden nicht vorgenommen.

Was nun die fleckigen Stellen betrifft, so finden sie sich hauptsächlich auf der lateralen Breitseite des zweiten und dritten Stangenabschnittes sowie auf der lateralen Seite des Stangenendes. Zumeist handelt es sich um (vielleicht natürliche) lichtbraune Stellen, in welchen trotz gleicher Niveauverhältnisse bedeutend dunklere bis braunschwarze Flecke von unregelmäßiger Gestalt abstechen. Mitunter liegen solche Flecke auch in ganz lichter grauer Umgebung.

Auch die Fleckfärbung erstreckt sich sowohl auf die Erhebungen

1) Bei dieser Untersuchung hat mich Herr Prof. J. SCHAFFER, Vorstand des Histologischen Instituts der hiesigen Universität, in entgegenkommendster Weise unterstützt.

als auch auf die Vertiefungen der Stangenoberfläche, doch erscheint sie, auch nach der Ansicht von verschiedenen Sachverständigen, dem äußerlichen Aussehen nach nicht so sicher als normale Geweihfärbung wie die Färbung im basalen Stangenabschnitt (namentlich weil sie an den Erhabenheiten kaum abgestreift ist, sowie infolge der auffallenden Intensitätskontraste und der oft unnatürlich schwärzlichen Fleckfärbung). Ich habe daher vorsichtshalber noch weitere Möglichkeiten ins Auge gefaßt. Da die Stange jedenfalls längere Zeit in Benützung des Menschen stand, war zu erwägen, ob es sich hier nicht vielleicht um Brand- oder Glutspuren handelt. Wie ich mich versuchsweise überzeugte, ist das mikroskopische Bild an durch Glut gebräunten Stellen von weißlichen macerierten Bastgeweihen ein ganz ähnliches wie an normal gefärbten Geweihen und an den Flecken unserer Stange. Doch bedarf es einer ziemlich starken Gluteinwirkung, um eine gelbe bis bräunliche Verfärbung der Oberfläche weißlicher Geweihe herbeizuführen; dabei wird die Geweihsubstanz aber sehr spröde, was bei unserer Stange nicht zutrifft. Der Fundstelle der Stange nach (an einem Bache) könnte die Färbung ferner durch Einwirkung von Metallsalzen (Eisenoxyd u. dgl.) verursacht worden sein. Auch das ist nicht der Fall. Denn, wie Herr Kustos Dr. R. KÖCHLIN feststellte, tritt beim Glühen kleiner Probesplitter (wie auch bei normalen Geweihen) gänzliche Entfärbung ein. Bezüglich einer keineswegs unwahrscheinlichen (nachträglichen) Einwirkung von modernden Pflanzenteilen habe ich keine Versuche vorgenommen.

Betreffs des schwärzlich-braunen dunklen Fleckes an der Abwurffläche, der seiner Lage nach nicht von der ursprünglichen normalen Geweihfärbung herstanmen kann, liegt es nahe, daß es sich um eingetrocknetes Blut vom Abwurf her handelt. Ich konnte indessen auch hier nur einzelne, roten Blutkörperchen ähnliche Gebilde von der vorhin genannten Größe sehen. Dagegen fanden sich an einer Probe ziemlich zahlreich solche von der Größe menschlicher Blutkörperchen; einzelne traf ich auch an der Stangenoberfläche an. Es wäre ja denkbar, daß sich der Mensch etwa beim Bearbeiten der Stange verletzt und Blutspuren zurückgelassen hat. Der Befund hinsichtlich der fraglichen eingetrockneten und künstlich aufgefrischten Blutkörperchen erscheint mir jedoch zu unsicher, um hier ein bestimmtes Urteil abgeben zu können. Häminkrystalle konnten nicht nachgewiesen werden. Im übrigen zeigt das mikroskopische Bild gleichfalls eine diffuse gelbliche Färbung der Knochen-

substanz; da es sich um spröde, spongiöse Substanz handelt, fehlen die stark tingierten, zarten HAVERS'schen Blutgefäßkanälchen, welche wir an der eigentlichen Stangenoberfläche vorgefunden haben. Im ganzen bin ich bezüglich des Fleckes an der Abwurffläche zu keinem bestimmten Resultat gelangt.

Für die S. 294 angedeutete Frage sind dieser Fleck sowie die Fleckung an der Schaftoberfläche übrigens nicht von Wichtigkeit, da als feststehend angenommen werden kann, daß es sich an den gleichmäßig gefärbten Stellen an der Oberfläche des basalen Stangenabschnitts um die Reste der normalen braunen Geweihfärbung handelt. Das spricht dafür, daß die Stange, wenigstens stellenweise, gefegt war und nicht allzulange im Freien gelegen hatte. Denn bekanntlich schwindet diese Färbung bei im Freien liegenden Abwurfstangen im allgemeinen ziemlich bald (nach etwa 1—2 Jahren). An den noch farbigen Stellen dürfte die Stange dicht auf einer Grundlage aufgelegt haben und daher gegen Abblassung geschützt gewesen sein. Solche Lageverhältnisse kämen auch bei der Fleckung der Stangenoberfläche in Betracht, soweit sie auf nachträgliche Einwirkung moderner Vegetabilien zurückzuführen wären. Der Abnutzungsgrad der Stange spricht nicht gegen einen verhältnismäßig kurzen Aufenthalt derselben im Freien, da er bei ihrer relativ geringen Härte kein besonders starker ist. Das vielfach schmutzige Aussehen der Stange, insbesondere auch an den künstlichen Schnittflächen, macht andererseits, ebenso wie eine gewisse Glättung der Oberfläche, den Eindruck, daß die Stange viel durch Menschenhand gegangen ist. Auch finden sich, nebenbei bemerkt, an einer Stelle (im Abschnitt *C* an der medialen Seite, nahe der Totenlade) augenscheinlich Tintenspuren.

7. Bemerkungen über die Natur der Stangenabnormität.

Der allgemeine Erhaltungszustand dieser merkwürdig gestalteten Stange, insbesondere das Vorhandensein von Resten der ursprünglichen Oberflächenfärbung deutet darauf hin, daß die Stange von einem rezenten Cerviden stammt. Der Fundort (Karpathen) spricht dafür, daß ihr Träger einer unserer wenigen einheimischen Arten angehört hat. Von diesen kommt der Stangengröße nach nur der Edelhirsch in Betracht. Daß die Stange allenfalls von einem versprengten Hirsch einer fremden Art herrührt bzw. eine verschleppte Stange eines solchen sein könnte, kann um so mehr außer Betracht gelassen

werden, als gewisse morphologische Merkmale, wie die Anwesenheit der allerdings rudimentären Augensprosse, der Eissprosse und der Endgabel, keine Veranlassung geben, die Zugehörigkeit zu *Cervus elaphus* L. zu bezweifeln (etwa z. B. einer abnormalen Elchstange gegenüber). Wie bereits RÖRIG (a III, p. 135) ausführt, können an Edelhirschgeweihen kombinierte Variationen (nicht etwa nur ausgesprochen pathologischer Art!) in einem solchen Grad auftreten, daß der ursprüngliche Geweihtypus fast zum Erlöschen gebracht wird (vgl. z. B. den Fall von STRUCKMANN S. 261). In a I, p. 593 verweist RÖRIG ferner darauf, daß die Geweihformen ein Beispiel für die in der Natur weitverbreitete Erscheinung der Produktion ähnlicher Gebilde bei untereinander ganz fremden Organismen sind. Bei unserer Stange handelt es sich der ganzen Form und Beschaffenheit nach nicht um eine von den einfachen individuellen Abweichungen, wie sie besonders bei alten, aber noch nicht hinfälligen Hirschen vorkommen („physiologisches Zurücksetzen“), sondern zweifellos um eine hochgradig pathologische Bildung. Man braucht daher auch nicht an eine Bastardbildung, an ein Artefact oder dgl. zu denken. Nach der Größe und Stärke der Stange und ihren dabei verhältnismäßig schwachen Perlenbildungen (auch nach der schwachen Rose) war der Träger jedenfalls schon ein alter Hirsch (vgl. auch die ganz basal gelegene und nahezu horizontal gerichtete rudimentäre Augensprosse, die starken Gefäßfurchen usw.).

Über die Ursachen der Geweihabnormitäten herrscht bekanntlich vielfach, auch bei häufig wiederkehrenden Typen, noch große Unsicherheit (s. zum Teil RÖRIG a IV u. a., ferner insbes. TANDLER u. GROSS). Die Beurteilung unseres vereinzelt dastehenden Falles erscheint auf den ersten Blick um so schwieriger, als weder vom Träger noch von seinem Schädel (bes. den Rosenstöcken) noch von der dazugehörigen zweiten Stange (wenn eine solche vorhanden war, vgl. die einstängigen Geweihe z. B. bei RIDINGER a und b, bei LYDEKKER c, p. 220 fig. 51) etwas bekannt ist. Zudem stand mir leider kein entsprechendes Material zu direktem Vergleich zur Verfügung.

Ich will hier zunächst auf einige einigermaßen ähnliche abnormale Stangenformen hinweisen. Daß die Sprossen rudimentär sind, kommt, wie bereits erwähnt, namentlich bei alten Individuen vor (vgl. auch die rudimentären Schaufelzacken bei alten Elchen). Die durch das hohe Alter oder vielleicht auch durch eine chronische allgemeine Erkrankung oder durch Unterernährung (etwa infolge behinderter Be-

wegungsfähigkeit bei Extremitätenverletzungen) geschwächte Konstitution dürfte bei unserem Hirsch jedoch keineswegs die einzige Ursache der absonderlichen Bildung gewesen sein. Es würde sich dabei um ein außerordentlich weitgehendes „Zurücksetzen“ in Begleitung von anderen Formeigentümlichkeiten handeln. — Wegen des Fehlens der Sprossen (meistens mit Ausnahme der Augensprosse) seien hier weiter die sogenannten Schadhirsche oder Mörder erwähnt. Es sind (zumeist keineswegs altersschwache) Hirsche, deren Sprossenlosigkeit nach der Vermutung SCHÄFF's nicht, wie zumeist angenommen wird, auf Zurücksetzen zurückzuführen ist, sondern einen angeborenen Zustand darstellen dürfte. Ihre Geweihe machen im übrigen einen normalen Eindruck (Abbildungen s. z. B. bei DOMBROWSKI a, BOTEZAT a, SCHÄFF).¹⁾ — Bei Hirschen verschiedenen Alters kommen gelegentlich, zum Teil nur einseitig, sprossenarme Stangen von auch sonst abnormalem Habitus vor; sie erweisen sich oft als Folge einer Verletzung des Kopfes, insbesondere des Rosenstockes, sei es vor der Bildung des Geweihes oder während derselben. Einen solchen Fall hat z. B. BONNET (fig. 3) abgebildet. Die verkümmerte Stange besitzt keine eigentlichen Sprossen, sondern nur im basalen Abschnitt höckerförmige Bildungen, die Andeutungen von Sprossen darstellen. Querschnittsform und feinere Oberflächenbeschaffenheit scheinen keine Besonderheiten aufzuweisen. Die Stange der anderen Seite ist dagegen bedeutend länger und stärker und besitzt fünf wohlentwickelte Sprossen.²⁾ — Ähnliche abnorme Stangenformen wie im Fall BONNET finden sich namentlich auch an mehrstängigen Geweihen vor (s. z. B. NITSCHKE, v. SCHELER; vgl. auch das von HOLDING a abgebildete dreistängige Damhirschgeweih). Der Verlauf solcher Stangen ist oft ein mehr oder weniger welliger, gewissermaßen unsicherer, während er an unserer an sich sehr langen Stange trotz ihrer im übrigen hochgradig abnormalen Beschaffenheit

1) Vgl. auch die „atavistischen“ virginischen Spitzhornhirsche (Stangen ohne jede Sprosse, RÖRIG a I, p. 590).

2) Bezüglich anderer sprossenarmer Hirschstangen sei z. B. auf LYDEKKER b verwiesen (zwei, abgesehen von der Krone mehr oder weniger sprossenlose Stangen; die Zugehörigkeit der einen Stange zu *C. elaphus* wurde von früheren Berichterstatlern stark bezweifelt); s. ferner besonders RÖRIG a IV. — Auch bei SCHREBER (Die Säugetiere, 5. Abt. 1, p. 1019, Erlangen 1817) findet sich bereits eine einschlägige Notiz: „Ein bey Wonsiedel geschossener Hirsch mit gekrümmten Geweihstangen ohne Enden, der an den Zeugungstheilen verletzt worden war, ist in der Beschreibung des Bayreuthischen Naturalienkabinetts tab. 8 abgebildet.“ Vgl. auch die gleich zu erwähnenden Perückengeweihe.

ein bestimmter ist. Auch zeigt der Umriss ihrer Abwurfffläche keine unregelmäßige Erweiterung oder dgl. — Bis zu einem gewissen Grad ähnliche Stangenformen kommen besonders auch bei kastrierten Damhirschen (s. FOWLER) vor; sie sind aber u. a. wesentlich kleiner. Vgl. auch die von HOLDING b abgebildete infolge Verletzung des Schädeldaches entstandene Damhirschgeweih-Abnormität. — Aus pathologischen Ursachen können u. a. „bovidenähnliche“ Geweihe entstehen (RÖRIG a IV und b); ein dem unseren ähnlicher Fall wird jedoch von RÖRIG nicht erwähnt.

Infolge der Verkümmernng der Sprossen sowie auch deswegen, weil unsere Stange namentlich wegen ihrer verhältnismäßigen Weichheit einen schlecht entwickelten Eindruck macht (mangelhafte Verknöcherung), kämen insbesondere die zeitlebens mit Bast versehenen und nicht zum Abwurf gelangenden Perückengeweihe in Betracht (Abbildungen s. z. B. bei RAESFELD, K. BRANDT), welche bekanntlich (hauptsächlich) auf Verkümmernng der Hoden bzw. auf Kastration zurückzuführen sind. Namentlich treten bei ihnen, wenigstens bei Rehperücken, mit der Zeit auch Eiterungen u. dgl. auf, was bezüglich der Totenlade an unserer Stange bemerkenswert ist. Hirschperückenstangen sind mit unregelmäßig knolligen Verdickungen und Auswüchsen bedeckt (SCHÄFF), die besonders proximal deutliche Sprossenrudimente darstellen; diese brechen leicht ab (K. BRANDT). Abgesehen davon, daß die Perückengeweihe nicht abgeworfen werden, ist mir auch von solchen keine ähnlich geformte Stange und keine derartige, immerhin gleichmäßige Ausbildung und Verteilung der Höcker bekannt wie im vorliegenden Falle. Auch sprechen die Überreste der ursprünglichen Färbung dafür, daß die Stange wenigstens größtenteils gefegt war. Ferner ist auch das Stangenende in normaler Weise zugespitzt, also vollkommen ausgebildet. Die rauhe, wenig abgenützte Oberflächenstruktur desselben deutet andererseits darauf hin, daß das Abstreifen des Bastes nicht sehr lange vor dem Abwurf der Stange stattgefunden hat, bzw. daß der Hirsch mit der Stange nicht viel gerieben und gewühlt hat. Der Abwurf scheint dem Ausbruchslotch an der im übrigen schwach erhabenen Abwurfffläche nach allerdings nicht in ganz normaler Weise, sondern vorzeitig bzw. zum Schlusse gewaltsam erfolgt zu sein. Infolge von Resorption konkave Abwurffflächen haben die Abwurfstangen partiell kastrierter Hirsche (vgl. S. 262); desgleichen kann ihre Rose zum Teil oder ganz resorbiert sein.

Allen hier angeführten, einigermaßen ähnlichen Geweihabnormi-

täten gegenüber ist unsere Stange durch ihre mir wenigstens in keinem anderen Falle bekannte eigenartige Oberflächenbeschaffenheit¹⁾ ausgezeichnet, die durch den Reichtum, durch die Stärke und durch den vielfach eigentümlichen Verlauf der Gefäßfurchen bedingt ist. Das beweist, daß die Basthaut außerordentlich blutreich war, und gibt einen Anhaltspunkt zur Beurteilung der Abnormität. Denn dieser abnormale Gefäßreichtum läßt darauf schließen, daß irgendeine entzündliche Erkrankung der Basthaut vorgelegen hat und daß infolgedessen die Geweihbildung und insbesondere die Sprossenentfaltung gestört war. Da bereits die sich gleich zu Beginn der Geweihbildung entwickelnde Augensprosse rudimentär ist, war die Entzündung offenbar schon von Anfang der Stangenentwicklung an vorhanden. In der unteren Stangenhälfte wurde hauptsächlich die Bildung des Vorderteiles der Stange beeinflußt (Störung der Sprossenbildung bei gleichzeitig abnormal starker Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Basen der rudimentären Sprossen; letzteres führte zur Verbreiterung der Stange). Im Abschnitt *C* hat offenbar derselbe Entzündungsprozeß an der Vorderseite in die Tiefe der Stange gegriffen und zur partiellen Nekrose der Geweihsubstanz geführt. So entstand die Totenlade. An der Hinterseite kam es hier dagegen zu abnormalen Höckerbildungen. Im Bereiche der Gabelzacke hat die Erkrankung offenbar im wesentlichen aufgehört, und das Stangenende konnte sich daher normal entwickeln (vgl. auch die Rehperückengeweihe, bei welchen die unregelmäßigen Knochenwucherungen meistens gleichfalls nicht ganz bis zu den Spitzen der Enden reichen). Nach dieser Darstellung erscheint es nicht nötig, auch noch andere Ursachen für die Entstehung der Abnormität anzunehmen, so etwa, daß die Sprossenbildung infolge von Altersschwäche unterdrückt wurde. Ob es sich bei der Entzündung um eine Erkrankung der allgemeinen Hautdecke handelte oder ob sie auf eine lokale Verletzung der Basthaut zurückzuführen ist (es wäre allenfalls auch an eine absichtliche Verletzung durch den Menschen zu denken), muß dahingestellt bleiben.²⁾

1) Wie sich in dieser Hinsicht die vom Bast befreiten Hirschperückengeweihe und die Blasengeweihe beim Reh (vgl. S. 275) verhalten, ist mir nicht genauer bekannt.

2) Dieser Erklärungsversuch der Abnormität ergibt sich größtenteils bereits aus dem Gutachten des Herrn Hofrat Prof. KOLISKO und hat besonders durch Rücksprache mit meinen Freunden den Proff. S. v. SCHUMACHER und R. R. v. WIESNER eine Erweiterung erfahren.

Bemerkenswert ist, daß trotz des ziemlich tiefgehenden pathologischen Eingriffes die allgemeinen Grundzüge des Geweihaufbaues noch in verschiedener Hinsicht zur Geltung gelangten (insbesondere in den mannigfachen Beziehungen der Höcker zur Sprossenbildung; vgl. dagegen die unregelmäßigen Auflagerungen bei den Reh-perückengeweihen).

Da die Gestaltsveränderungen an unserer Stange so weitgehende sind und offenbar vom Beginn der Stangenentwicklung an verursacht wurden, ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch die dazu gehörige Stange der anderen Seite eine abnormale war, indem sich die Hautentzündung auch auf diese erstreckte. Das muß jedoch nicht der Fall gewesen sein, so namentlich, wenn die Entzündung durch eine lokale Verletzung des linken Stangengebietes hervorgerufen wurde. Einseitige Kümmerer kommen im allgemeinen bekanntlich nicht selten vor. Abgesehen von einseitigen Perückengeweihen zeigt die verkümmerte Stange dann meistens keinen so stark pathologischen Charakter wie in unserem Falle (besonders in bezug auf die Oberflächenbeschaffenheit).

Bekanntlich besitzen die Schadhirsche oder Mörder, wie bereits in diesen Bezeichnungen zum Ausdrucke kommt, in ihrem einfachen Stangengeweih eine sehr gefährliche Waffe. Die vorliegende Stange dürfte infolge ihrer bedeutenden Länge und namentlich wegen ihrer Biegung nach hinten in diesem Sinne weniger zweckmäßig gewesen sein; jedenfalls müßte sich der Hirsch zu einem wirksamen Gebrauch derselben eine besondere Stoßweise angeeignet haben. Wahrscheinlich hat er aber, wie vorhin bemerkt, infolge des pathologischen Zustandes der Stange eine stärkere Inanspruchnahme derselben vermieden.

8. Zusammenfassung.

Die eigenartige Form der beschriebenen, 84,5 cm langen Abwurfstange beruht auf dem gleichzeitigen Vorhandensein einer Reihe von Eigentümlichkeiten, von welchen manche einzeln gelegentlich auch an anderen Geweihen anzutreffen sind. Sie ist nach vorn zu keilförmig ausgezogen und erhält dadurch eine eigenartig abgeplattete Form mit zwei seitlichen Breitseiten und einer vorderen scharfrandigen und einer hinteren breit abgerundeten Schmalseite. Das Stangenende (hintere Kronensprosse) läuft in direkter Fortsetzung des Stangenschaftes aus und ist im übrigen normal gestaltet

(im Querschnitt rund). Die ganze Stange ist den Schmalseiten nach in ungewöhnlicher Weise nach hinten (in bezug auf die allgemeine Orientierung der Stange mehr medial) gebogen, obwohl an der Hinterseite die Hauptgefäßfurchen liegen. Der kantig ausgezogene Vorder teil der Stange weist im basalen Abschnitt eine ziemlich rasche Vierteldrehung nach außen, im apicalen eine allmähliche nach innen auf; das kommt zum Teil auch in der Verlaufsrichtung der Hauptgefäßfurchen zum Ausdruck. Ähnliche Drehungsverhältnisse lassen sich in wesentlich geringerem Grade auch an normalen Edelhirschgeweihen erkennen (schwache Auswärtsneigung der Mittelsprosse an ihrer Basis, ähnlich jener der Eissprosse, ferner gelegentliche Einwärtswendung der vorderen Kronensprosse). Bei dieser Gelegenheit wurde auch der Unterschied zwischen zwei ab und zu an Edelhirschgeweihen vorkommenden Kammbildungen im Bereiche der Augensproßbucht hervorgehoben. Die Eissprosse bildet sich oft vom „Eissproßkamm“ aus und greift mit ihrer Basis mehr oder weniger weit bis zum medial davon gelegenen „Frontalkamm“ und kann diesen in sich aufnehmen. Mitunter stehen mit diesen Kammbildungen andere, sekundäre Sprossenbildungen in Zusammenhang. Das späte Auftreten der Eissprossen läßt sich vielleicht mit der Zunahme des Basisumfanges der Stangen beim Geweihwechsel im vorgeschrittenen Alter der Hirsche in Verbindung bringen; auch erscheint sie als basales Gegengewicht für die apicale Kronenbildung.

Dem Vorderrand entlang finden sich in mehr oder weniger kurzen Abständen hintereinander ungefähr 16 verschieden gestaltete Höcker, welche Sprossenrudimente darstellen. Die meisten etwas konkav eingesenkt verlaufenden Zwischenstrecken können allenfalls als Gabelbuchten angesehen werden. Der unterste knapp oberhalb der Rose gelegene Vorsprung sowie der oberste sind noch einigermaßen sprossenförmig und entsprechen der Augensprosse und der vorderen Kronensprosse. Der zweite Höcker von unten ist namentlich dem Gefäßfurchenverlauf an den Breitseiten nach als Eissproßrudiment anzusprechen. Die Deutung der übrigen Höcker als Ansätze bestimmter regulärer Sprossen ist nicht mit Sicherheit durchführbar. Sie machen ihrer verhältnismäßig großen Zahl nach den Eindruck, als wäre infolge des Mißlingens der Ausbildung gut entwickelter Sprossen der Versuch, solche zu erzeugen, um so öfter erneuert worden.

Mit den Höckern stehen vielfach wulst- oder pfeilerartige Bildungen in Zusammenhang, welche schräg oder quer über die Breit-

seiten verlaufen. Sie sind hauptsächlich an der lateralen Seite des basalen Stangenabschnitts gut ausgeprägt. Im übrigen erscheinen sie bald auf den vorderen, bald auf den hinteren Teil der Breitseiten reduziert. Von ihnen lassen sich die gelegentlich an verbreiterten Geweihstücken vorkommenden, aus der Fläche derselben heraustretenden freien Zacken ableiten (vgl. auch die Eissprossen).

Der subapicale Stangenteil ist an der Vorderseite durch einen Eiterungsprozeß so angegriffen, daß die Kante und die Höcker der Länge nach durch eine breite, gegen die Endgabelverzweigung zu allmählich verstreichende Rinne auseinandergeteilt erscheinen (Totenlade). Gewissermaßen als Kompensation für die gestörte Ausbildung dieser Höcker finden sich hier in der Mittellinie der Stangenhinterseite drei Höcker, welche durch eine kantenartige Längsleiste miteinander verbunden sind.

Die Stangenoberfläche weist einen großen Reichtum an kräftigen Gefäßeindrücken auf. Die Hauptgefäßfurchen (an der Hinterseite) verlaufen stellenweise stark geschlängelt und zwar namentlich in der Nähe von Höckern, gegen welche sie vielfach konvex ausgebogen sind. Besonders bemerkenswert ist der offenbar mit der eigenartigen Stangenabplattung und mit den Höckerbildungen im Zusammenhange stehende, größtenteils quere Verlauf der von den Hauptgefäßfurchen allenthalben abgehenden Seitengefäßfurchen, wodurch die Breitseiten der Stange eng quergerillt erscheinen. Für die Höcker ist die Gefäßfurchenversorgung zumeist besonders kräftig.

Im ganzen handelt es sich hier jedenfalls um eine stark pathologisch deformierte Abwurfstange eines rezenten bejahrten Edelhirsches. Der relativen Weichheit ihrer Oberfläche nach macht sie einen minder entwickelten Eindruck. Ziemlich sicheren Resten der braunen Hirschgeweihfärbung zufolge ist sie wenigstens zum Teil bereits gefegt gewesen, doch dürfte die Abstreifung des Bastes nicht lange vor dem Abwurf der Stange erfolgt sein; wenigstens spricht die rauhe Oberflächenbeschaffenheit des Stangenendes dafür, daß die Stange vom Hirsch nicht stark in Anspruch genommen worden ist. Der Abwurf scheint dem Ausbruchsloch an der Abwurffläche nach nicht glatt, sondern zum Teil gewaltsam erfolgt zu sein.

Die Ursache der eigentümlichen Deformation der Stange dürfte den zahlreichen starken Gefäßeindrücken an der Stangenoberfläche nach in einer vielleicht durch eine Verletzung veranlaßten Entzündung des Bastes während der Stangenentwicklung zu suchen sein. An der Vorderseite des subapicalen Teiles der Stange kam es zu

Eiterbildung und Sequestration (Totenlade). Im Bereiche der Endgabel hat der Krankheitsprozeß aufgehört; daher zeigt das Stangenende eine normale Gestalt.

Die im vorstehenden gelegentlich erörterte gewöhnliche, braune Oberflächenfärbung der Hirschgeweihe rührt nach der mikrochemischen Untersuchung von Prof. H. MOLISCH der Hauptsache nach nicht von Blutgerinnsel oder von einer chemischen Einwirkung von Pflanzensäften, sondern von einem vornehmlich mechanischen krustenförmigen Belag her, welcher nebst anderen Fremdkörpern vorwiegend pflanzliche Rindenzellen und von diesen gebildeten Detritus enthält. Die Rindenzellen sind mit einem braunen Inhalt erfüllt, der sich teilweise aus Gerbstoff-Phlobaphenen (Rindenfarbstoffen) zusammensetzt.

Bei diesen Studien habe ich den Mangel an ähnlichen Geweihabnormitäten zu direktem Vergleich sehr unliebsam empfunden und möchte zum Schlusse dem Wunsche Ausdruck geben, daß, bei der vielfach auch in wissenschaftlichen Kreisen herrschenden Vorliebe für prunkhafte oder ästhetisch wirkende Geweihe, das Sammeln von unscheinbaren, wenn auch unschönen Stücken nicht vernachlässigt wird. Es verhält sich damit ähnlich wie z. B. mit den Bälgen und Fellen von Vögeln und Säugetieren in Jugendstadien oder von solchen Häuten, die sich im Gefieder- bzw. Behaarungswechsel befinden. Auch sie werden verhältnismäßig wenig gesammelt und sind noch sehr mangelhaft erforscht, obwohl sie in verschiedener Hinsicht von Interesse sind (vgl. z. B. meine Abhandlungen: Studien über das Haarkleid von *Vulpes vulpes* L. etc., in: Ann. naturhist. Hofmus., Wien, Vol. 22, 1907—1908, und: Über den Wert der äußerlichen Untersuchung vorgeschrittener Entwicklungsstadien von Säugetieren, in: Verh. zool.-bot. Ges. Wien, Vol. 64, 1914). Desgleichen wäre es wünschenswert, daß sich auch Pathologen vom Fach mit den Geweihabnormitäten befaßten.

Literaturverzeichnis.

Nachstehend ist nur ein Teil der durchgesehenen Publikationen zitiert. Insbesondere wurden von kurzen Aufsätzen über einzelne Abnormitäten, von Werken rein historischen Wertes u. dgl. nur einzelne Beispiele herausgegriffen. Des weiteren vgl. namentlich die Literaturangaben bei A. RÖRIG (a).

- ALTUM, B., Die Geweihbildung bei Rothhirsch, Rehbock, Damhirsch, Berlin 1874.
- BIEDERMANN-IMHOOF, R., a, Markierkämme an Geweihen (Nachtrag zu dem Artikel Prof. MATSCHIE's), in: Mitt. Inst. Jagdkunde, Neudamm, Vol. 59, No. 12 der Deutsch. Jägerzeitung, p. 175—176, 1912.
- , b, Ein physiologisch besonders bemerkenswerter Fall von Geweihbildung, in: Zool. Anz., Vol. 41, p. 548—552, 1913.
- BLASIUS, W., Über einen Fall von einseitiger Geweihbildung bei einer alten Ricke (*Cervus capreolus* L., ♀, ad.) infolge eines örtlichen Reizes, in: Verh. 5. internat. Zool.-Congr. (Berlin) 1902, p. 464—466.
- BONNET, R., Eine abnorme Jagdtrophäe aus der Urzeit, in: Illustr. Jagdztg. „Wild und Hund“, No. 30, Jg. 1912, Berlin.
- BOTEZAT, E., a, Gestaltung und Klassifikation der Geweihe des Edelhirsches nebst einem Anhang über die Stärke der Karpathenhirsche und die zwei Rassen derselben, in: Morphol. Jahrb., Vol. 32, p. 104—158, 1904.
- , b, Untersuchungen über die Hyperplasie an Rehgeweihen mit Berücksichtigung der übrigen Cerviden, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 18, p. 593—607, 1904.
- BRANDT, A., Über Hörner und Geweihe, in: Festschr. R. LEUCKART, p. 407—413, Leipzig 1892.

- BRANDT, K., Das Gehörn und die Entstehung monströser Formen, Berlin, 1901.
- BRAUN, M., Ein Blasengeweih vom Reh, in: Schrift. phys.-ökon. Ges. Königsberg, Jg. 47, p. 84—86, 1906.
- BROOKE, V., a, On a new species of Deer from Mesopotamia, in: Proc. zool. Soc. London, 1875, p. 261—266.
- , b, Supplementary notes on *Cervus mesopotamicus*, *ibid.*, 1876, p. 298 bis 303.
- , c, On the classification of the Cervidae, with a synopsis of the existing species, *ibid.*, 1878, p. 883—928.
- DE BUFFON, Histoire naturelle, Vol. 6, Paris 1756.
- CATON, J. D., a, On the structure and casting of the antlers of Deer, in: Amer. Naturalist, Vol. 8, p. 348—353, 1874.
- , b, Abnormal Deer antlers from Texas, *ibid.*, Vol. 18, p. 733—738, 1884.
- COGHO, A., Über Farbe und Färbung des Edelhirschgeweihs, in: Jahrb. Schles. Forstver. 1878, zit. nach RÖRIG.
- v. DOMBROWSKI, R., a, Das Edewild, Wien 1878.
- , b, Die Geweihbildung der europäischen Hirscharten, Wien 1884.
- ELLIOT, D. G., Catalogue of Mammals from the Olympic Mountains, Washington etc., in: Field Columb. Mus., zool. Ser., Vol. 1, No. 13, p. 241—276, 1899.
- FAMBACH, Geweih und Gehörn, in: Ztschr. Naturw. Halle, Vol. 81, p. 225—264, 1909.
- FOWLER, G. H., Notes on some specimens of antlers of the Fallow Deer, showing continuous variation, and the effects of total or partial castration, in: Proc. zool. Soc. London, 1894, p. 485—494.
- GASKOIN, J. S., On some defects in the growth of the antlers, and some results of castration, in the Cervidae, *ibid.*, p. 151—159, 1856.
- GEBHARDT, F. A. M. W., a, Über funktionell wichtige Anordnungsweisen der gröberen und feineren Bauelemente des Wirbeltierknochens. I. Allgem. Teil, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 11, p. 383—498, 1901.
- , b, Auf welche Art der Beanspruchung reagiert der Knochen jeweils mit der Ausbildung einer entsprechenden Architektur?, *ibid.*, Vol. 16, p. 377—410, 1903.
- GREISINGER, M., Zur Geschichte der Hirsche in der Tatra und deren Umgebung, in: Jahrb. ungar. Karpathen-Ver., Jg. 13, p. 153—164, 1886.
- HOFFMANN, C., Zur Morphologie der Geweihe der recenten Hirsche, Cöthen 1901.
- HOLDING, R. E., a, Exhibition of the head of a three-horned Fallow-Deer (*Dama vulgaris*), in: Proc. zool. Soc. London, 1896, p. 855—856.

- HOLDING, R. E., b, Exhibition of horns of a Fallow Deer showing arrest in development in consequence of disease of the frontal bone, *ibid.*, 1897, p. 189—190.
- , c, Remarks upon a series of the first-year antlers of certain deer, *ibid.*, 1905, Vol. 2, p. 1—2.
- , d, Antlers of Deer, *ibid.*, 1913, p. 815—817.
- v. KORFF, K., Über den Geweihwechsel der Hirsche, besonders über den Knorpel- und Knochenbildungsprozeß der Substantia spongiosa der Baststangen, in: *Anat. Hefte*, Abt. 1, H. 155 (Vol. 51), H. 3, p. 691 bis 732, 1914.
- LYDEKKER, R., a, *The Deer of all lands*, London 1898.
- , b, On a remarkable antler from Asia Minor, in: *Proc. zool. Soc. London*, 1890, p. 363—365.
- , c, *The great and small game of Europa, Western and Northern Asia and America*, London 1901.
- MATSCHIE, P., Markierkämme an Geweihen, in: *Mitt. d. Inst. f. Jagdkunde*, Neudamm, Vol. 58, No. 52 d. *Deutsch. Jäger-Ztg.*, p. 829—831, 1912.
- MEYER, A. B., *Die Hirschgeweihsammlung im Kgl. Schlosse zu Moritzburg bei Dresden*, 1883.
- v. MOJSISOVICS, A., a, Biologische und faunistische Beobachtungen über Vögel und Säugetiere Südungarns und Slavoniens in den Jahren 1884 und 1885, in: *Mitt. naturw. Ver. Steiermark*, Jg. 1885, p. 109—204, 1886.
- , b, Über die Geweihbildung des Hochwildes von Bélye, *ibid.*, Jg. 1888, 1889.
- , c, *Das Tierleben der österreichisch-ungarischen Tiefebene*, Wien 1897.
- MOORE, WM. H., A hybrid of Sheep and Deer, in: *Ottawa Natural.*, Vol. 16, p. 162—163, 1902. War mir nicht zugänglich.
- NITSCHKE, H., a, Zur Naturgeschichte des Reh-, Roth- u. Damwildes; eine v. descend.-theoret. Standp. interess. Abnorm. d. Rehwildes; über hakentrag. Rehe, 3 Thle., Tharandt 1883—1886, zit. nach R. FRIEDLÄNDER's Bücher-Verz., No. 476, Berlin.
- , b, Studien über Hirsche. I. Untersuchungen über mehrstängige Geweihe und die Morphologie der Huftierhörner im allgemeinen, Leipzig 1898.
- v. OERTZEN [Über „Spannleisten“], in: „*St. Hubertus*“, No. 29, zit. nach MATSCHIE.
- POCOCK, R. J., On antler-growth in the Cervidae, with special reference to *Elaphurus* and *Odocoileus* (*Dorcelaphus*), in: *Proc. zool. Soc. London*, 1912, II, p. 773—783.
- POHLIG, H., a, Die Cerviden des thüringischen Diluvial-Travertines mit Beiträgen über andere diluviale und über recente Hirschformen, in: *Palaeontographica*, Vol. 39, p. 215—261, 1892.
- , b, Die ersten Funde monstroser Riesenhirschgeweihe, in: *Verh. naturh. Ver. preuss. Rheinlande*, Vol. 51, 1894.

RADDE, G., Die Sammlungen des kaukasischen Museums, Vol. 1, Tiflis 1899.

v. RAESFELD, F., Das Rotwild, Berlin 1899.

RHUMBLER, L., a, Über die Abhängigkeit des Geweihwachstums der Hirsche, speziell des Edelhirsches vom Verlauf der Blutgefäße im Kolbengeweih, in: Ztschr. Forst- Jagdwesen, Jg. 43, p. 295—314, 1911.

—, b, Fehlt den Cerviden das Os cornu?, in: Zool. Anz., Vol. 42, p. 81—95, 1913.

—, c, Hat das Geweih des Damhirsches [*Dama dama* (L.)] eine morphologische Drehung erfahren?, *ibid.*, p. 577—586, 1913.

—, d, Der Arterienverlauf auf der Zehnerkolbenstange von *Cervus elaphus* L. und sein Einfluß auf die Geweihform, in: Z. wiss. Zool., Vol. 115, p. 337—367, 1916.

RIDINGER, J. E., a, Abbildung der jagtbaren Thiere mit derselben angefügten Fährten und Spuhren etc., Augspurg 1740.

—, b, Genaue und richtige Vorstellung der wundersamste Hirsche etc., Augsburg 1768.

RÖRIG, A., a, Über Geweihentwicklung und Geweihbildung. I. Die phylogenetischen Gesetze der Geweihentwicklung, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 10, p. 525—617, 1900. — II. Die Geweihentwicklung in histologischer und histogenetischer Hinsicht, *ibid.*, p. 618—644. — III. Die normale Geweihentwicklung und Geweihbildung in biologischer und morphologischer Hinsicht, *ibid.*, Vol. 11, p. 65—148, 1901. — IV. Abnorme Geweihbildungen und ihre Ursachen, *ibid.*, p. 225—309.

—, b, Über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis der Cerviden sowie deren Geweihentwicklung und Geweihbildung, in: Ber. Senckenberg. naturf. Ges. Frankfurt a. M., 1901, Abh., p. 55—78.

—, c, Das Wachstum des Geweihes von *Cervus elaphus*, *Cervus barbarus* und *Cervus canadensis*, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 20, p. 507—536, 1906.

—, d, Gestaltende Correlationen zwischen abnormer Körperkonstitution der Cerviden und Geweihbildung derselben, *ibid.*, Vol. 23, p. 1—150, 1907.

—, e, Das Wachstum des Geweihes von *Capreolus vulgaris*, *ibid.*, Vol. 25, p. 423—430, 1908.

SCHÄFF, E., Jagdtierkunde, Berlin 1907.

v. SCHELER, Graf G., Über die Ursachen abnormer Geweihbildung bei den Hirscharten, insbesondere die Bildung von mehr als zwei Geweihstangen, in: Jahreshefte Ver. vaterl. Naturkunde Württemberg, 1892, p. 135—178.

SCHWEDER, G., (Hohle Geweihstücke), in: Korr.-Bl. nat. Ver. Riga, Vol. 40, p. 100—101, 1898.

SCOTT-PRESTON, Über Färbung der Hirschgeweihe, in: Jahrb. Schles. Forstver. 1880. — Neue deutsche Jagd-Ztg., 1881—1882, p. 78, zit. nach RÖRIG.

- SOEEMMERRING, W., Wechsel und Wachstum des Geweihs des Edelhirsches, in: Zool. Garten, Jg. 7, p. 41—61, 1866.
- STÖRMER, E., Selecta der Hirschgeweih- und Rehgehörn-Sammlung des Grafen GEORG ALBRECHT ZU ERBACH-ERBACH, Leipzig 1891.
- STRUCKMANN, C., Über die bisher in der Provinz Hannover und den unmittelbar angrenzenden Gebieten aufgefundenen fossilen und subfossilen Reste quartärer Säugetiere. Nachträge, in: 40. u. 41. Jahresber. naturhist. Ges. Hannover, p. 48—62, 1892.
- TANDLER, J. und S. GROSS, Die biologischen Grundlagen der sekundären Geschlechtscharaktere, Berlin 1913.
- WARD, R., Records of big game, 4. edit., London 1903.
- ZICHY, Graf TH., Über die Wiederentwicklung einer scheinbar verkümmerten Rasse von Hirschen, in: Corr.-Bl. Anthrop., Ethnol., Urgesch., Jg. 28, p. 25—26, 1897.
- ZIMMER, A., Die Entwicklung und Ausbildung des Rehgehörns, die Größe und das Körpergewicht der Rehe, in: Zool. Jahrb., Vol. 22, Syst., p. 1—58, 1905.
-

Erklärung der Abbildungen.

Sämtliche Abbildungen auf den Tafeln betreffen die Hirschstangen-abnormität. Die arabischen Zahlen 1—16 bezeichnen die einzelnen der Reihe nach von unten nach oben verteilten Höcker (soweit sie oder ihre seitlichen Verstärkungen deutlich ausgebildet sind) an der Vorderkante, die römischen Zahlen I—III jene an der Hinterseite. Die Orientierung an den einzelnen Stangenstücken ist infolge der Stangendrehung mitunter etwas schwierig.

Hervorzuheben ist, daß die Größenverhältnisse infolge der erheblichen Niveauverschiedenheiten, welche namentlich durch die Biegung bzw. Drehung der Stange bedingt sind, in der Photographie nicht immer naturgetreu zum Ausdrucke kommen, sondern daß manche Stellen der Stange auf den Abbildungen stark verzogen sind. Diese Bilder sind ein lehrreiches Beispiel dafür, wie vorsichtig man bei Beurteilung der Größenverhältnisse an derartigen Geweihaufnahmen sein muß, insbesondere, wenn die Aufnahme in geringer Entfernung vom Objekte erfolgte. So erscheint z. B. in Fig. 4, welche der Darstellung des basalen Stangenabschnittes gilt, der oberste Teil mit dem Stück Totenlade verkürzt bzw. verkleinert, da er schon ziemlich stark nach hinten gebogen ist; zum Vergleich sei dagegen auf die in ungefähr gleichem Maßstab gehaltene Fig. 7 verwiesen, bei welcher auf das Stangenstück mit der Totenlade eingestellt war. Hier erscheint andererseits das nach hinten geneigte Stangenende verkürzt. Auf Fig. 9 sieht dieses hingegen relativ lang aus, weil der Stangenteil in dieser Ansicht etwas nach vorn geneigt ist.

Die photographischen Aufnahmen wurden von Herrn H. DÜMLER hergestellt, die zur besseren Darstellung der Einzelheiten nötigen Retouches an den Kopien von Herrn J. FLEISCHMANN genau nach der Natur vorgenommen.

Tafel 5.

Fig. 1. Übersichtsbild der (linksseitigen) Stange von vorn bzw. medial. Aus Platzrückichten erscheint sie hier steil aufgerichtet; in natürlicher Stellung war sie jedenfalls ziemlich stark lateral geneigt. *A* unterster Abschnitt der Stange, bis zu Höcker 6 reichend; Vorderkante stark lateral gedreht. *B* zweiter Abschnitt von *H6*—*H10*; die morphologisch mediale Breitseite nach vorn gekehrt. *C* dritter Abschnitt von *H10* bis zur Gabelzacke, *H16*; auch an der Hinterseite (hier medial gerichtet) Höckerbildungen (*I*—*III*); an der (lateral gekehrten) Vorderkante die Totenlade. *D* oberster Abschnitt; Gabelzacke und relativ normal gestaltetes Stangenende. 1:4,5.

Fig. 2. Mit Bleidraht abgenommene Querschnittsumriß-Skizzen von verschiedenen Stellen, senkrecht zur jeweiligen Richtung der Stangenhauptachse. *a* zwischen *H2* und *H3*; *b* Mitte zwischen *H6* und *H7*; *c* zwischen *H9* und *H10*; in *a*—*c* unten jederseits der Eindruck der medialen bzw. lateralen Hauptgefäßfurchen; *d* am lappenartigen Vorsprung, *H14* (am Querschnittsbild die Ausladung nach links), im Bereich von *HIII* (unten); *e* zwischen *H15* und der Gabelzacke (*16*); *f* am proximalen Teile der Endspresse oberhalb ihrer hinteren Vortreibung, etwa 52 mm distal von der Gabelbucht. 1:2.

Fig. 3. Abwurffläche (in der Mitte ein Stück ausgebrochen). Oben das Augensprossenrudiment (*1*) und rechts davon der laterale Seitenpfiler für den Eissproßhöcker (*2*) von unten gesehen. 1:1.

Tafel 6.

Fig. 4. Unterer Stangenteil von vorn-lateral. Unten der Augensproß im Profil und die laterale Breitseite mit den zu den Höckern ziehenden Gefäßfurchen, darüber nach erfolgter Kantendrehung die Vorderkante von vorn. *6a* ein wulstförmig aus der Stangenoberfläche hervortretender Sprossenansatz, der noch unterhalb der Vorderkante endet. Der lichte Fleck im Bereiche von *H3* rührt von Benagung durch Nagetiere her. 1:2,5.

Fig. 5. Unterer Stangenteil von hinten-medial. Unten ist die mediale Breitseite in ihrer ganzen Ausdehnung sichtbar, oben zum Teil auch die Hinterseite. Quere Seitengefäßfurchen, links die medialen, stellenweise geschlängelten Längsgefäßfurchen der Stangenhinterseite. 1:2,5.

Fig. 6. Unterer Stangenteil in der Hinteransicht mit den longitudinalen Längsgefäßfurchen, insbesondere mit der kräftigen lateralen Hauptfurchen. Unten rechts ist noch ein Stück der medialen Breitseite zu sehen. Links kommt ungefähr am Beginne des zweiten Drittels des abgebildeten Stangenstückes, mit dem Seitenwulst *6a* beginnend, ein Teil der lateralen Breitseite zur Ansicht. 1:2,5.

Fig. 7. Oberer Stangenteil, Vorderkantenansicht. Totenlade, zweimal eingeschnürt, distal sich verbreiternd (laterale Lappenbildung, 14) und verflachend und dann allmählich in die normale Stangenoberfläche übergehend. 1 : 2,5.

Fig. 8. Oberer Stangenteil von der lateralen Seite. Laterale Hauptfurche der Hinterseite in dem Stangenstück, in dem sich vorn die Totenlade befindet, vielfach geschlängelt. 1 : 3.

Fig. 9. Oberer Stangenteil von hinten, schwach medial gewendet. Mediale Hauptfurche der Hinterseite. 1 : 2,5.

Neuerscheinungen:

August Weismann.

Sein Leben und sein Werk.

Von

Ernst Gaupp†

Weil. o. ö. Professor der Anatomie und Direktor des königl. anatomischen Instituts
der Universität Breslau.

(VIII, 297 S. gr. 8^o.) Preis: 9 Mark, geb. 11 Mark.

Lebensdauer, Altern und Tod.

Von

Dr. E. Korschelt,

Professor der Zoologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Marburg.

(VII, 170 S. gr. 8^o.) Mit 44 Abbildungen im Text.

Preis: 5 Mark.

Die Beurteilung des biologischen Naturgeschehens und die Bedeutung der vergleichenden Morphologie.

Rede, gehalten zur Feier der akademischen

Preisverteilung in Jena am 16. Juni 1917

von

Dr. Friedrich Maurer,

o. ö. Prof. der Anatomie, Prorektor der Großherzogl. u. Herzogl. sächs. Gesamtuniversität.

(36 S. Lex.-Form.) 1917. Preis: 1 Mark 80 Pf.

Biologische Richtlinien der staatlichen Organisation.

Naturwissenschaftliche Anregungen
für die politische Neuorientierung Deutschlands

von

Max Verworn

Bonn.

Preis 1 Mark.

Neuerscheinungen:

Zur Psychologie der primitiven Kunst.

Ein Vortrag

von

Max Verworn.

Zweite Auflage.

Mit 35 Abbildungen im Text.

Preis: 1 Mark.

Der Verfasser gibt eine psychologische Erklärung für die auffallende Tatsache, daß die älteste Kunst des Menschen, die paläolithische Kunst der diluvialen Renntier- und Mammutjäger in ihren figuralen Darstellungen auf Knochen und Stein so erstaunlich naturwahr erscheint, während die spätere Kunst von der neolithischen Zeit an bis in unsere Zeit, sowie die figurale Kunst der meisten heutigen Naturvölker sich völlig von der Naturwahrheit abkehrt.

Zur Frage nach den Grenzen der Erkenntnis.

Ein Vortrag

von

Max Verworn.

Zweite durchgesehene und verbesserte Auflage.

Preis: 1 Mark 20 Pf.

Der Vortrag verfolgt den Zweck, eine Anzahl von Problemen, an denen man auf eine Grenze unseres wissenschaftlichen Erkenntnisvermögens gestoßen zu sein glaubt, als Scheinprobleme zu entlarven. Das geschieht vom Boden einer kontinentalistischen Betrachtungsweise aus. Eine kurze Analyse des Erkenntnisbegriffs leitet die Betrachtungen ein. Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß sich prinzipielle Grenzen unserer Erkenntnis nicht nachweisen lassen.

Prinzipienfragen in der Naturwissenschaft.

Vortrag gehalten in der allgemeinen Sitzung des X. Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres zu Arnheim am 29. April 1915.

Von

Max Verworn,

o. ö. Professor u. Direktor d. physiologischen Instituts der Universität Bonn a. Rh.

Zweite Auflage. **Preis: 1 Mark.**

Der Verfasser unternimmt es, die beiden Probleme der theoretischen Naturwissenschaft, bei deren Lösung noch heute der Forscher einer dualistischen Anschauungsweise nicht entraten zu können glaubt, einer streng monistischen Deutung zugänglich zu machen. So wird einerseits die Frage des Dualismus von lebendiger Organismenwelt und lebloser Körperwelt und andererseits die Frage des Dualismus von Leib und Seele in monistischem Sinne beantwortet. Alle mystischen Bestrebungen der neueren Zeit erhalten dabei eine strenge Kritik.

ZOOLOGISCHE JAHRBÜCHER

ABTEILUNG

FÜR

ALLGEMEINE ZOOLOGIE UND PHYSIOLOGIE
DER TIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. J. W. SPENGEL
IN GIESSEN



BAND 36. HEFT 3

MIT 6 TAFELN UND 54 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1918

Die „Zoologischen Jahrbücher“ (Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere) erscheinen in zwangloser Folge. Je vier Hefte bilden einen Band. Der Preis wird für jedes Heft einzeln bestimmt.

Inhalt.

(Abt. f. Phys., Bd. 36, 3)

	Seite
HASEBROEK, K., Die morphologische Entwicklung des Melanismus der Hamburger Eulenform <i>Cymatophora</i> or F. ab. <i>albingensis</i> WARN. Mit 25 Abbildungen im Text	317
PAUSE, JOHANNES, Beiträge zur Biologie und Physiologie der Larve von <i>Chironomus gregarius</i> . Mit Tafel 7—8 und 22 Abbildungen im Text	339
KOPEĆ, STEFAN, Lokalisationsversuche am zentralen Nervensystem der Raupen und Falter. Mit Tafel 9—12 und 7 Abbildungen im Text	453

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Vom 2. Januar 1918 ab erhebe ich in gleicher Weise wie der größere Teil der wissenschaftlichen Verlagsbuchhandlungen auf meine bis zum 31. Dezember 1916 erschienenen Verlagswerke mit Ausnahme der Zeitschriften einen Kriegsteuerungszuschlag von 15 % auf die Ladenpreise, wie sie in den Katalogen und meinen Verlagsanzeigen genannt sind. Der vermittelnde Sortimentsbuchhändler hat das Recht, weitere 10 % vom Ladenpreis aufzuschlagen.

Zur Abwehr des ethischen, des sozialen, des politischen Darwinismus.

Von

Oscar Hertwig,

Direktor des anatomisch-biologischen Instituts der Univ. Berlin.

(VI, 119 S. gr. 8°) 1918. Preis: 4 Mark.

Praktikum der Insektenkunde nach biologisch-ökologischen Gesichtspunkten

VON

Prof. Dr. Walter Schoenichen.

Mit 201 Abbildungen im Text. (VIII, 194 S. gr. 8°) 1918. Preis: 7 Mark.

Das Werk ist eine Einführung in die Insektenbiologie auf der Grundlage praktischer mikroskopischer Untersuchungen. Es behandelt in erster Linie solche Erscheinungen, die für den naturgeschichtlichen Unterricht in der Schule in Betracht kommen. Es ist daher für die Lehrerschaft ein außerordentlich wertvolles Hilfsmittel zur Vorbereitung und Vertiefung des Unterrichtes. Für Fortbildungskurse und für die in den Studienplan der Biologen aufzunehmenden praktischen Übungen bietet das Werk eine geeignete Grundlage. Darüber hinaus wendet es sich an den großen Kreis der Insektenfreunde und Insektenkundigen: er will ihnen Anleitung geben, wie sie ihre Liebhaberei zu einem wissenschaftlich vertieften und genüßreichen Studium ausgestalten können.

Als Käufer des Buches kommen in Betracht: Biologen, insbesondere auch die Studierenden der Zoologie, höhere Lehranstalten, Mittelschullehrer und Volksschullehrer sowie alle Entomologen und Bienenzüchter.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Die morphologische Entwicklung des Melanismus der Hamburger Eulenform *Cymatophora* or *F. ab.* *albingensis* WARN.

Von

Prof. Dr. med. **K. Hasebroek** in Hamburg.

Mit 25 Abbildungen im Text.

Es gibt keinen ausgeprägteren Melanismus bei den Schmetterlingen als den des oben genannten Falters. Wir haben hier eine absolute Umfärbung eines grauen Tieres in ein tief schwarzes vor uns. Das Schwarz ist so intensiv in den Elementen angelegt, daß man bei oberflächlicher Betrachtung keine Zeichnung mehr sieht. Nur die Makel leuchten aus der schwarzen Fläche der Flügel um so heller hervor. Diese komplette Ausfärbung der schwarzen *Cymatophora* or *ab. albingensis* ist die bei weitem häufigste Mutation. Ich erhalte sie alljährlich aus Raupen, die aus Hamburgs unmittelbarer Umgebung und zwar dem Stadtbezirk stammen, bis zu 90 und mehr Prozent, wovon ich mich auch im Jahre 1916 noch habe überzeugen können.

Über die Geschichte dieses interessanten Hamburger Melanismus will ich mich hier nicht weiter verbreiten, ich verweise auf meine angefügte Literaturangabe. Ich will nur bemerken, daß dieser Melanismus erst seit 1904 näher beobachtet wurde und daß es kaum einem Zweifel unterliegen kann, daß wir in ihm eine Teilerscheinung des bekannten sich verbreitenden neuzeitlichen Melanismus zu registrieren haben, wie er in zunehmendem Maße durch irgendwelche

äußere Einflüsse seit den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts zuerst in England, dann auch in Deutschland in offenbar getrennten Zentren entsteht und sich von hier aus verbreitet. Eine kritische Übersicht findet man in meiner Arbeit in den Zool. Jahrb., Vol. 37. Syst., 1914, p. 567 ff.



Fig. A. Stammform *Cymatophora* or F.



Fig. B. *ab. albingensis* WARNECKE.



Fig. C. *ab. marginata* WARNECKE.



Fig. D. *ab. albingoradiata* BUNGE.



Fig. E. *ab. albingosubcaeca* BUNGE.



Fig. F. *ab. permarginata* HASEBROEK.
Oberseite.



Fig. G. *ab. permarginata* HASEBROEK.
Unterseite.

Bei unseren *Cym. or ab. albingensis* muß es sich um eine förmliche Revolution im Aufbau des Farbenkleides handeln. Nur so wird es verständlich, daß die melanisierende Tendenz im Rahmen einer allgemeinen Schwärzung in mannigfachen Unterformen bei der Zucht der eingetragenen Raupen zum Ausdruck kommt. Zur Illustration dieser Mannigfaltigkeit gebe ich die bis jetzt in Hamburg beobachteten Abweichungen in den Figg. A—G wieder. Hervor-

zuheben ist, daß bei den *albingensis* keine Übergänge vom Grau der Stammform zum Schwarz bis jetzt beobachtet wurden.

Ein so vollkommener Melanismus mußte zur mikroskopischen Untersuchung reizen. Wenn es überhaupt möglich war, Aufklärung über die näheren Vorgänge der melanistischen Ausfärbung zu erhalten, so mußte die Form *Cym. or ab. albingensis* die Gelegenheit hierzu bieten. Ich teile in folgendem die Ergebnisse meiner Untersuchung mit.

A. Untersuchung des trockenen Flügels des melanistischen Sammlungsfalters.

Bei schräger Beleuchtung kann man Unterschiede in der Oberflächenskulptur, speziell in Abweichungen hinsichtlich lokal etwa vorhandener stärkerer Schuppenanhäufungen gegenüber der Stammform nicht konstatieren. Auf dieser Übereinstimmung des Flächenbildes dürfte beruhen, daß man trotz der schwarzen Ausfärbung am *albingensis*-Flügel auch die normalen Wellenlinien der Zeichnung noch verfolgen kann, wenn man scharf zusieht. An großen Reihen von Faltern kann man feststellen, daß leichte Nuancen in der Tiefe der Schwärzung mit einem verschiedenen Grade der Schwärzung der Schuppenelemente zusammenhängen. Dementsprechend findet man

an abgestreiftem Schuppenmaterial auch verschiedene Tingierungen der Schuppe: man erhält bei 97facher Vergrößerung (ZEISS Syst. A Okul. 4) transparentes Hellgrau bis zum dunkelsten Schiefergrau und fast Schwarz. Bei 220facher Vergrößerung (ZEISS Syst. D Okul. 2) löst sich die Schwärzung in feinste Längsriefelung mit einem dunkleren Längsmittelstrich auf (s. Fig. H). In letzterem haben wir ohne Frage den



Fig. H.



Fig. J.

wichtigsten Teil der Schuppe für die Schwärzung vor uns, denn er beherrscht das Bild bei einer Vergrößerung von 600 (ZEISS Syst. E Okul. 4) durchaus (s. Fig. J): er entspringt aus dem Wurzelfortsatz der Schuppe und zieht sich bis nahe an die verschieden gezackte Schuppenkrone hinauf, bisweilen in einer oder mehreren Spitzen nach erfolgter Aufteilung endigend. Diese Längsmittelzone

ist in den dunkelsten Schuppen bräunlich angelegt, deutlich körnig glänzend und mit Schollenbildung, wie man dies von Pigmentniederschlägen histologisch kennt. Auch in einzelnen Riefeln der Schuppe findet man die Körnung, doch hier mehr punktförmig. Stark ausgeprägt und schärfer hervortretend sieht man die Pigmentzüge der Mittelzone bei den Haarschuppen, die durch ihre Schmalheit, sei es tatsächlich oder optisch, eine Konzentration der Pigmentierung fast bis zu einem tiefen Braunschwarz veranlassen. Man gewinnt den Eindruck, als wenn es sich in der Mittelzone um eine kanalartige Anlage, richtiger einen Spaltraum zwischen oberer und unterer, hier weiter voneinander klaffender Schuppenlamelle handelt, in die das pigmentierende Substrat von der Wurzel her eingedrungen ist, um sich aufwärts und seitwärts in der Schuppe zu verbreiten.¹⁾

Fertigt man sich gleichermaßen solche Schuppenpräparate durch Abstreifen von Sammlungsfaltern der nicht melanistischen Stammform *Cym. or* an, so findet man im Grunde dieselben Verhältnisse: d. h. helle und dunklere Schuppen, letztere jedoch nur vereinzelt. Der Unterschied bei der melanistischen *albingensis* besteht nur in den hier viel zahlreicher vorhandenen, ja alle anderen Schattierungen verdrängenden dunklen und dunkelsten Schuppen. Bei den Haarschuppen der *ab. albingensis* findet man so gut wie ausschließlich die dunkelsten, fast schwarzen vertreten.

Hieraus geht schon hervor, daß es sich in dem Melanismus nur um ein quantitatives Überhandnehmen der stark pigmentierten Schuppen gegenüber den helleren handelt.

Dies bestätigt sich weiter, wenn man zwei gleichermaßen aus einem Flügelrand eines melanistischen und eines normalen Tieres entnommene Flügelstückchen bei schwacher Vergrößerung vergleichend betrachtet: man findet alsdann als Ursache der allgemeinen Schwärzung nur das ungeheure quantitative Vorherrschen der schwarzen Schuppen. Daß an dem normalen Falter *or* aber ebenso schwarze Schuppen an sich nicht fehlen, das sieht man, wenn man auf die dunkleren Züge der Wellenlinie des Falterflügels einstellt: diese bestehen eben aus in bestimmter figürlicher Anordnung eingestreuten schwarzen Schuppen.

Es läßt sich am trockenen Flügel ferner feststellen, daß die Schwärzung ausschließlich in den Schuppenelementen sich befindet,

1) SPULER, in: Zool. Jahrb., Vol. 8, Anat., 1895, p. 526, tab. 36.

denn wenn man mit dem Pinsel die Beschuppung abstreift, so bleibt gleichermaßen wie beim nicht melanistischen normalen Tiere die ungefärbte helle Chitinflügelmembran zurück.

Nun findet man aber an dieser zurückbleibenden Flügelmembran zwischen melanistischem und nicht melanistischem Tier charakteristische Unterschiede, die ich in folgendem wiedergebe: sie betreffen besonders die Schuppenbälge, aus denen die Schuppen durch die Pinselung herausgestreift sind. Die Präparate stellen einen Bezirk neben einer Hauptader dar:

1. Vergrößerung 56fach (ZEISS Syst. A Okul. 2).

Melanistisch.

Scharf schwarz eingefasste Flügelhauptader, die im Inneren hell ist, mit feinsten Spiralringen. Von einer Ader ziehen zur anderen die parallelen Querreihen der stehengebliebenen von ihren Schuppen befreiten Schuppenbälge. Hier und da befindet sich noch auf einem Balg eine von der Abstreifung verschont gebliebene Schuppe.

Normal.

Die Flügelhauptader weniger dunkel und scharf eingefasst. Die Schuppenbälge erscheinen etwas kleiner und nicht so markant umrissen.

2. Vergrößerung 220fach (ZEISS Syst. D Okul. 2).

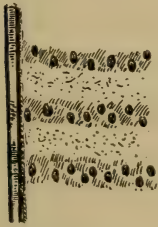


Fig. K.

Melanistisch.

Die Schuppenbälge treten als ovale tiefbraune körnig pigmentierte Gebilde her-

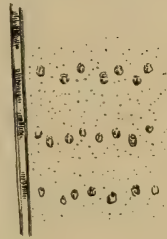


Fig. L.

Normal.

Die Schuppenbälge erscheinen hell, mit lichtbrechenden Konturen, ihre Querreihen

vor, die in parallelen, dunklen, etwas unregelmäßig aber scharf begrenzten Bändern in etwas unregelmäßigen Doppelreihen stehen. Die Bänder werden nicht durch Pigmentierung, sondern nur durch von der Umgebung abweichendes Lichtbrechungsvermögen differenziert. Oder es handelt sich in den Bändern, was wahrscheinlicher ist, um Reflexerscheinungen der pigmentierten Schuppenbälge in der nicht völlig ebenen Flügelmembran.¹⁾ (s. Fig. K).

ruhen nicht in dunkleren Bändern, alles erscheint auf homogener, unregelmäßig lichtbrechender Unterlage, die im ganzen vielleicht etwas heller erscheint als bei dem melanistischen Faltern (s. Fig. L).

3. Vergrößerung 600fach (ZEISS Syst. E Okul. 4).

Melanistisch.

Die dunklen Bänder sind nicht mehr sichtbar. Dies bestätigt die Richtigkeit der Auffassung Prof. SPULER'S. Die mit reichlichen Pigmentkörnchen versehenen Schuppenbälgeruhen auf homogener Unterlage, die nirgends Pigment erkennen läßt, vielmehr unbestimmt lichtbrechend ist. Findet man eine erhaltene scharf geriefelte Schuppe, so erscheint diese mit ihrem Wurzelfortsatz derartig mit dem Schuppenbalg verbunden, daß eine Kontinuität der Pigmentkörnchen im Mittelstrahl

Normal.

Die auf homogener Unterlage befindlichen Schuppenbälge sind so durchsichtig, daß man in ihnen die charakteristischen Näpfchen in ringförmigen Öffnungen erkennen kann, die zur Aufnahme des Schuppenwurzelstieles dienen. Erhaltene Schuppen zeigen unscharfe Längsriefeln, und ihre mit dem Balg verbundenen Längsstrahlen erreichen nur $\frac{1}{3}$ Schuppenlänge. Pigment ist im Schuppenbalg nur angedeutet (s. Fig. N). Man findet aber vereinzelt Schuppen, die ebenso dunkel und pigmentreich sind

1) Letzteres ist die Auffassung des Herrn Prof. SPULER, der die Liebenswürdigkeit hatte, mein Manuskript nach der histologischen Seite durchzusehen und mir aus seiner persönlichen Kenntnis des Schmetterlingsflügels brieflich (aus dem Felde!) mitzuteilen.

und im Schuppenbalg zu ver-
folgen ist (s. Fig. M).

wie bei den melanistischen
Formen.



Fig. M.



Fig. N.

Überblickt man das bisherige Untersuchungsergebnis am trockenen Sammlungstier, so besteht es im wesentlichen nur in der Feststellung quantitativer Unterschiede der Pigmentierung zugunsten der melanistischen Form und zwar in den Schuppen und Schuppenbälgen, die am melanistischen Flügel in durch Reflexionserscheinungen dunkel erscheinenden Bändern der Flügelmembran angeordnet sind.

Wir erhalten hieraus die Auffassung, daß der Melanismus auf eine höchst gesteigerte Pigmentierung zurückgeführt werden muß, die in den Schuppen so allgemein verbreitet ist, daß die Schwärzung auch die Zeichnungsanlage nicht mehr zum Vorschein kommen läßt, indem in diesem Fall ein Kontrast der normalen Zeichnungsschuppen gegenüber den ebenso schwarz ausgefärbten umgebenden Schuppen nicht zum Ausdruck kommt. Es handelt sich um Verhältnisse. So erklärt sich die von mir schon oben gemachte Angabe, daß man bei dem schwarzen Falter nur bei sorgfältiger Betrachtung die Wellenlinie auffinden kann.

Qualitativ ist die Ausbildung des Gewebes und der Gewebeelemente bei melanistischen und normalen Faltern gleich. Von irgendwelcher Degeneration ist nichts zu finden, im Gegenteil, man gewinnt den Eindruck, daß die elementaren Gebilde bei der *albingensis* eher noch kräftiger entwickelt sind als bei der Stammform, wie man denn überhaupt in den Sammlungen auffallend große und schön ausgebildete Exemplare findet.

Weitere Aufschlüsse über die Vorgänge waren von der Untersuchung der Verhältnisse während der Entstehung der Flügel zu erhoffen, d. h. durch Vergleich der Puppenstadien von melanistischen und normalen Flügeln. Ich bin als Hamburger in der Lage, über ein annähernd „rassereines“ Unterscheidungsmaterial zu verfügen, da die Raupen einer mir bekannten bestimmten Provenienz so gut wie ausnahmslos nur schwarze Falter liefern. Andererseits haben meine in den letzten Jahren eingeleiteten Versuche zur künstlichen Hervorbringung der *albingensis* aus der Stammform mir ergeben, daß ein Raupenmaterial aus der weiteren Umgebung von Hamburg, speziell aus dem Sachsenwald bei Friedrichsruh, noch gänzlich vom Melanismus unberührt geblieben ist, so daß ich also sicher sein konnte, auch über wirklich normale Tiere im Puppenstadium zu verfügen. Es ist wichtig, dies hervorzuheben, denn im äußeren Ansehen kann man während des Puppenstadiums melanistische Exemplare nicht von den normalen unterscheiden; sämtliche Puppen erscheinen zudem in gleicher Weise geschwärzt dicht vor dem Ausschlüpfen des Falters.

Einige Vorbemerkungen sind am Platz:

Die *ab. albingensis* schlüpft im schwarzen Kleide; der Flügel zeigt unentfaltet die Makel als feinsten weißen Punkt. Die schwarze Ausfärbung schließt also in der Puppe sicher ab. Die Entfaltung erfolgt genau wie am normalen Tier. Um so erstaunter war ich, als erstes Resultat meiner Puppenuntersuchung zu finden, daß der Flügel der *albingensis* noch bis ca. 24 Stunden vor dem mutmaßlichen Schlüpfen, zu einer Zeit jedenfalls, wo die Puppe schon tief schwarz ist, bei der Öffnung der Puppenhülle weiß angetroffen wird. Er unterscheidet sich von dem im gleichen Stadium aus der Puppe einer normalen Form entnommenen weißen Flügel nur durch eine gelbliche Tönung. Dies beweist, daß jedenfalls die makroskopisch schwarze Ausfärbung des melanistischen Tieres erst im allerletzten Puppenstadium vor sich geht. Es stimmt dies durchaus mit dem überein, was wir auch sonst vom Farbenkleid des Schmetterlings wissen. So kann man bekanntlich an der Puppe von *Vanessa urticae* durch die Puppenhülle hindurch verfolgen, wie die letzte Ausfärbung des Falters erst kurze Zeit vor dem Schlüpfen vor sich geht. Hieraus ergibt sich, daß die Schwärzung der Puppenhülle der *albingensis*, die längere Zeit vor dem Schlüpfen schon eintritt, eine Sache für sich ist und nichts mit dem makroskopischen Melanismus des Falters zu tun hat.

Ich wende mich jetzt zur Untersuchung des Flügels in der Puppe.

Nachdem ich mein Puppenmaterial aus dem Herbst 1915 Ende Januar 1916 in die Stube genommen hatte, wartete ich zunächst das Schlüpfen einiger Falter ab. Nach Schlüpfen der ersten 6 melanistischen Falter im Laufe der Tage 26./2.—1./3. 1916 wurde von jetzt an jedesmal eine der schwärzesten Puppen ausgesucht zur Präparation. Die Flügelscheide wurde mit einer scharfen Lanzette umschnitten, abgehoben, der kleine Flügel mit Pinzette und Schere abgetrennt, auf den Objektträger gelegt und mit einem Tropfen Glycerin unter das Deckglas gebracht. Als Vergleichsobjekt diente ein gleichzeitig und in gleicher Weise von einer nicht melanistischen normalen Puppe angefertigtes Flügelpräparat.

B. Untersuchung der ausgefärbten Puppenflügel: diese waren beim melanistischen Tier tiefschwarz, beim normalen Tier von graubrauner Färbung und typischer Zeichnung.

I. Isolierte Schuppen, die sich in den Präparaten stets hin und wieder abgelöst und frei auf dem Objektträger finden.

1. Vergrößerung 220fach.

Melanistisch.

Die Schuppe ist schwarzbraun transparent, mit in ihrer ganzen



Fig. O.

Länge dicht aneinanderliegenden scharf parallelen Längsriefeln und einem breiten scharf be-

Normal.

Die Schuppe ist hellgelblich transparent, mit zarten, zum Teil



Fig. N.

nur angedeuteten Längsriefeln in den Distanzen der Zacken der Schuppenkrone. In der Mitte

grenzten dunklen Mittellängsstrahl, der, im Wurzelfortsatz entspringend, nach einer oder mehreren Zacken der Schuppenkrone zieht und hier eine reichlichere Anhäufung von rötlich glänzendem Pigment erkennen läßt (s. Fig. O).

ein deutlicher breiter Längsstrahl, von der Wurzel entspringend, aber nicht ganz zur Krone heranziehend (s. Fig. P).

2. Vergrößerung 600fach.

Melanistisch.

Der Mittellängsstrahl löst sich in eine körnig und braun pigmentierte Längszone auf, von der aus auch seitwärts die Ausbrei-



Fig. Q.

tung des Pigments zu erfolgen scheint. Die scharfen Längsriefeln lassen diskontinuierlich verteiltes Pigment erkennen (s. Fig. Q).

Normal.

Der Mittellängsstrahl löst sich in schwach gelbliche Pigmentierung auf. Die zarten Längsriefeln erhalten geripptes Aus-



Fig. R.

sehen. Es zeigen sich außerdem zahlreiche Zwischenriefeln. Die seitliche Ausbreitung des Pigments sieht man wegen der Durchsichtigkeit der Schuppe besonders deutlich (s. Fig. R).

II. Die ausgefärbten Puppenflügel als Ganzes betrachtet.

Dies ist wegen der Dichtigkeit der Schuppen bei durchfallendem Licht nur bis zu einer 97fachen Vergrößerung möglich, selbst wenn man auf dünnste Randpartien einstellt.

Melanistisch.

Tiefbraune Zwischenaderfelder ohne partielle Aufhellungen. Die Flügeladern heben sich hell-

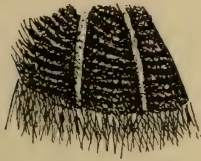


Fig. S.

braun transparent ab. Von einer Ader laufen zur anderen sehr regelmäßig parallel die schwarzen Querzüge der Schuppenreihen (s. Fig. S).

Normal.

Hellbraune Zwischenaderfelder mit fleckenweisen Aufhellungen. Die Flügeladern hell

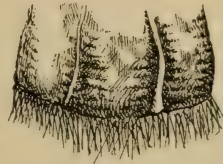


Fig. T.

durchsichtig, an ihren Grenzen die parallelen Querreihen der Schuppen als dunklere Ansätze erkennen lassend (s. Fig. T).

Also auch an diesen Präparaten des fertigen, nur noch nicht entfalteten Puppenflügels — die isoliert erscheinenden Schuppenbänder rühren von der Querfaltung des Puppenflügels her (SPULER) — unterscheidet sich die melanistische *albingensis* von ihrer grauen Stammform nur durch die quantitativ gesteigerte Anhäufung von Pigment, wie es bei starker Vergrößerung in bräunlich glänzenden Niederschlägen zum Ausdrucke kommt. Eine optische Komponente stellt bekanntlich erst das makroskopisch tiefste Schwarz her.

Es kam nun darauf an, ein noch früheres Stadium der Entwicklung zu treffen. Es gelingt dies bei reichlichem Puppenmaterial unschwer. Ich erwähnte schon die überraschende Tatsache, daß auch zur Zeit, wenn die Puppe äußerlich schon schwarz geworden ist, der darunterliegende *albingensis*-Flügel sich noch ungefärbt präsentiert. Diesem Stadium entsprechen die folgenden Präparate:

C. Untersuchung der noch nicht ausgefärbten Puppenflügel: diese waren beim melanistischen Tier gelblich-weiß, beim normalen Tier rein weiß.

I. Isolierte Schuppen, die man reichlich durch Zerdrücken eines kleinen Flügelstückchens auf dem Objektträger erhält.

Melanistisch.

Normal.

Ziemlich gleicher Befund: die Schuppen sind gestaltlich in Wurzelfortsatz und Krone stets voll ausgebildet und mit zarter Riefelung versehen. Ein mittlerer Längsstrahl ist nur vereinzelt zu finden, bei dem melanistischen Falter häufiger als bei dem normalen. Pigment in Form von Körnchen ist in der Schuppe nirgends zu konstatieren.

II. Die noch nicht ausgefärbten Puppenflügel als Ganzes betrachtet.

In diesem Vorstadium ist die Untersuchung bis zu den stärksten Vergrößerungen bei durchfallendem Lichte möglich. Es weist dies schon darauf hin, daß die Schwärzung sowohl als die Normalfärbung die Schuppen selbst noch nicht ergriffen hat. Die Präparate stellen je eine Zone zwischen zwei Flügelhauptadern dar.

1. Vergrößerung 56fach.

Melanistisch.

Von den hellbräunlich transparent sich abhebenden Adern laufen dichte schwarze parallele



Fig. U.

Querzüge von einer Ader zur anderen. Sie sind an den Adergrenzen büschelförmig verstärkt

Normal.

Von den hellgelb transparenten Adern laufen dunklere braune parallele Querzüge von

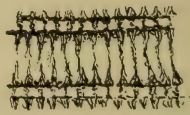


Fig. V.

einer Ader zur anderen, die an den Adergrenzen stärker angelegt sind. Die Querzüge ziehen

und verzweigen sich von hier aus nach dem Zwischenaderraum zu, um sich hier mit den stärkeren Endverzweigungen vielfach zu treffen. Durch die Verzweigung entsteht trotz der Dichte des Geflechtes zwischen je zwei Hauptadern eine hellere Längszone, die das Licht durchfallen läßt (s. Fig. U).

von je zwei Adern einander entgegen, erreichen sich aber mit den Endverzweigungen vielfach nicht. So entsteht eine viel hellere Längszone als bei dem melanistischen Tier (s. Fig. V).

2. Vergrößerung 97fach.

Melanistisch.

Auf den Hauptadern dicht gelagerte Längszüge von schmalen Schuppen, die fast an sogenannte Stachelschuppen (?) denken lassen. Die schwarzen Querszüge lösen



Fig. W.

sich in ein dichtes sich verzweigendes und zum Teil anastomosierendes Netz auf. Schuppenartige Gebilde sieht man sonst nicht (s. Fig. W).

Normal.

Ziemlich derselbe Charakter wie bei der 56fachen Vergrößerung, nur daß die Querszüge relativ zarter erscheinen. Ein dichteres Netz von Endverzwei-

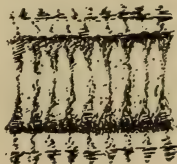


Fig. X.

gungen fehlt. Die Querszüge vereinigen sich jedoch in der Mitte des Zwischenaderraumes vielfach (s. Fig. X).

3. Vergrößerung 340fach.

Melanistisch.

Man erkennt unregelmäßig verteiltes rötlich-braunes körnigglänzendes Pigment in den maschenartig verbundenen Querszügen.

Normal.

Es fehlen pigmentführende Maschen; man findet nur ganz vereinzelt hellgelb glänzende Pigmentkörnchen.

4. Vergrößerung 600fach.

Melanistisch.

An einer besonders lichten Stelle des Zwischenaderraumes erscheinen Verzweigungen der Querzüge fast wie Kanäle (?) mit glänzenden Pigmentschollen. Beim Hin- und Herdrehen der Mikrometerschraube erkennt man, daß alles von Schuppenelementen überlagert ist, die man an erscheinenden und verschwindenden Riefelungen und partiell deutlichen Konturen feststellen kann.

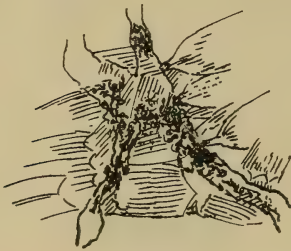


Fig. Y.

An günstigen Stellen sieht man ausgebildete Wurzelfortsätze, die zu einer Pigmentscholle ziehen und mit dieser in Verbindung zu stehen scheinen. Trotz der gestaltlich ausgebildeten Schuppen trifft man nur vereinzelt einige, die den am ausgebildeten Flügel vorhandenen Längsstrahl von der Wurzel zur Krone besitzen. Auch dies spricht dafür, daß in diesem weißen Vorstadium des Flügels die Schuppe da ist, nur noch kein Pigment erhält (s. Fig. Y).

Normal.

Man sieht ein Gewirr von unregelmäßigen lichtbrechenden Netzlinien, in denen nur dann und wann ein bräunlich glänzendes Pigment liegt. Durch Drehen an der Mikrometerschraube findet man nur mühsam vereinzelte Parallelstrichelungen, wie sie den Riefeln einer Schuppe entsprechen.



Fig. Z.

Irgendwelche Konturen von Wurzelfortsätzen sind nicht deutlich auffindbar. Die sichtbaren Riefelungen sprechen aber dafür, daß die Schuppenmembran und damit auch der Schuppenbalg im wesentlichen schon vorhanden sind und sich nur wegen ihrer Durchsichtigkeit dem Auge entziehen (s. Fig. Z); vgl. auch S. 322 „normal“.

Was ergibt sich aus dieser vergleichenden Untersuchung für unsere Kenntnis der Vorgänge der Schwarzfärbung?

Zunächst ist die Feststellung von Bedeutung, daß die schwarze Ausfärbung des Puppenflügels in der letzten Zeit vor dem Auschlüpfen — vielleicht innerhalb 1—2mal 24 Stunden erfolgt. Die mikroskopischen Befunde in diesem Vorstadium während des makroskopisch noch weißen Puppenflügels haben aber ergeben, daß auch jetzt schon eine spezifisch quantitativ erhöhte Pigmentabscheidung gegenüber dem normalen in den aus den Hauptadern zu den Flügelflächen führenden Querverbindungen und deren Endzweigen vorhanden ist. Es können nur optische Gründe sein, daß die im Vorstadium schon derartig stärker vorhandene Pigmentierung der *albingensis* sich nicht auch makroskopisch als Schwarz darbietet. Man erinnere sich nun, daß alles in diesem Stadium von noch farblosen unpigmentierten Schuppen überlagert ist: diese sind es, die bei auffallendem Lichte, wie es die makroskopische Betrachtung mit sich bringt, optisch Weiß durch totale Reflexion hervorbringen, und nur die leicht gelbliche Tönung ist das Resultat des durchscheinenden schwarzbraunen Pigments in den darunterliegenden Querzügen. An dem makroskopischen Schwarz des Puppenflügels nach erfolgter Pigmentierung der Schuppen ist wahrscheinlich ebenfalls noch eine optische Komponente bei auffallendem Lichte beteiligt, wie man es auch sonst am Schmetterlingskleide vom tiefen Schwarz kennt.¹⁾ Jedenfalls aber werden erst wenn die pigmentierende Potenz in die Schuppen selbst gelangt ist und sich hier ausbreitet, alle Bedingungen für die typische makroskopisch melanistische Färbung der *albingensis* erfüllt, nicht anders als wie entsprechend auch beim Normaltier auf ein weißes Vorstadium die makroskopisch charakteristische Ausfärbung erst mit dem Eindringen einer geringeren Pigmentierung in die Schuppen folgt. Dies wird dadurch bewiesen, daß auch die im unfertigen weißen Vorstadium des Puppenflügels losgelösten isolierten Schuppen bei melanistischem und normalem Tier gleichermaßen ungefärbt und des Pigments bar sind (s. S. 328). Das letzte Stadium der Entwicklung des makroskopischen Melanismus wird somit erst dadurch bestimmt, daß die in Gestalt und Struktur fertigen Schuppen von der vordringenden Pigmentierung erreicht

1) SPULER, in: Zool. Jahrb., Vol. 8, Anat., 1895, p. 537.

werden und nunmehr dessen Einlagerung in die Schuppen vor sich geht. Für diesen Vorgang spricht das Bild Fig. Y direkt, in dem man die Einlenkung der Wurzelenden der Schuppen in eine pigmenthaltende Partie einer schwarzen Queräder so deutlich sieht. Andererseits lassen die Bilder der freien Schuppen des fertigen schwarzen Flügels keinen Zweifel zu, daß die Pigmentierung von der Wurzel her eindringt und von hier aus sich in der Schuppe ausbreitet (s. Fig. H, J u. M).

Ich komme jetzt auf die Art und Weise des Vordringens des pigmentierenden Prinzips. Auch hierüber gibt uns die Untersuchung einige Aufklärung.

Da im Vorstadium des weißen Puppenflügels die Hauptadern sich hell gegenüber den schwarzen Querzügen abheben (s. Fig. U und W), so kann das Pigment als solches kaum im Inhalt der Hauptadern vorhanden sein. Es muß sich vielmehr erst bei dem Abgang der Querzüge bilden. Hierfür spricht die lange Reihe der Schwärzungsbüschel, die sich den Adergrenzen entlang zieht. Von diesen ersten Parallelanhäufungen aus dringt dann die Pigmentierung, den Queradern und ihren Endverzweigungen folgend, nach der Mitte des Zwischenaderraums vor, um sich hier mit der von der gegenüberliegenden Hauptader gleichermaßen vordringenden Schwärzung zu begegnen. Dieser Vorgang des Entgegenwanderns ist nach den Bildern Fig. W u. X im Prinzip nicht anders als bei dem normalen Tier, nur daß eine intensivere Schwärzung des Weges stattfindet. Ohne Frage hängt mit diesem Wege und dem Grade der Intensität der Schwärzung der Charakter der Ausbreitung des definitiven Melanismus am Flügel eng zusammen. Dies wird ganz klar, wenn wir die vorkommende weißstrahlige Form der *albingensis*, die *ab. albingoradiata* Fig. D, betrachten: hier haben sich zweifellos die zwischen je zwei Hauptadern einander entgegenwandernden Schwärzungen in den Querzügen nur nicht erreicht, und es mußte auch am definitiven Flügel die helle Mittelzone, die wir in den Figg. U u. W finden, um so ausgesprochener erhalten bleiben. Das Gesetzmäßige dieserart Entstehung wird dadurch festgelegt, daß man nicht nur bereits $\frac{1}{2}$ Dutzend solcher *albingoradiata*-Formen in Hamburg beobachtet hat, sondern daß man bei genauer Durchmusterung großer Serien von komplet schwarzen Sammlungs-*albingensis* bei sehr vielen Tieren das Abklingen der Schwärzung in

der Form einer etwas helleren Längszone zwischen zwei Hauptadern bemerken kann. In Hinsicht auf die wahre *ab. albingoradiata* glaube ich auch zudem mich überzeugen zu können, daß es sich hier nicht etwa um eine dünnere Beschuppung handelt, sondern daß tatsächlich das Pigment fehlt. Herr Prof. SPULER bemerkt mir ganz richtig, daß die *albingoradiata*, weil bisher nur durch die Zucht erhalten, vielleicht künstlich gestrieben sei und somit eine gewisse Übereilung des Ausschlüpfens der Grund des Unfertigen sein könne.

Nun entsteht die interessanteste Frage: wie ist das Fortschreiten der Schwärzung aufzufassen? Zwei Möglichkeiten kann es nur geben: entweder wandert das Pigment aus seiner ersten reichlichen Anlage um die Hauptadern herum, wie es sich in der Büschelzeichnung unserer Bilder zeigt, ohne weiteres in das Netzwerk der Nebenadern, oder aber es ist das Vordringen nur scheinbar, indem es in den Querzügen überall gleichzeitig beim Kontakt der Körpersäfte mit dem Gewebe als Niederschläge ausfällt.

Für die Beurteilung dieses Punktes ist sehr zu beachten, daß wir ja im unentwickelten Puppenflügel noch eine Zusammenfaltung der Flügelmembranen vor uns haben und daß daher unsere Bilder des Puppenflügels zusammengeschobenen und ineinander verlagerten Flächen entsprechen. Es muß auf diese Weise schon eine glatte Wanderung des Pigments von einer Ader zur anderen resp. zu den Schuppenelementen mechanisch schwierig sein. Es ist also viel wahrscheinlicher, daß es sich um Pigmentniederschläge handelt, die räumlich an vielen Stellen zugleich erfolgen. In dieser Beziehung muß man vor allen Dingen an die Schuppenbälge denken, die gewissermaßen letzte isolierte und lokalisierte Pigmentdepots darstellen. Die Bilder am ausgebildeten trockenen Flügel nach Abstreifung der Schuppen (s. Fig. K) zeigen die Querreihen der Bälge zwischen den Hauptadern in Richtlinien, die den pigmentierten Querzügen des Vorstadiums entsprechen. Dies legt es nahe, anzunehmen, daß die nicht so regelmäßigen Pigmentanhäufungen in den Querzügen, wie es Fig. Y zeigt, nichts anderes sind als die eng zusammengerückten Pigmentdepots der Schuppenbälge oder deren Anlage. Dies würde dann ohne weiteres verständlich machen, daß am fertigen Flügel nach der Entfaltung — also Auseinanderziehung der Flächen — die pigmentfreien Zwischenräume entstehen wie in Fig. K. Voraussetzung würde allerdings hierzu sein, daß die in Fig. K vorhandene optische Differenzierung der dunklen Bänder wirklich nur eine

Reflexerscheinung von den pigmentierten Schuppenbälgen aus sind. In der Tat sprechen sonstige Untersuchungen des Schmetterlingsflügels dafür, daß die Epi- und Hypodermis der Flügelmembran selbst überhaupt nicht pigmentbildend sind, sondern nur die Zellen des Schuppenapparats.

Es handelt sich also in dem Melanismus um eine biologisch im Stoffwechsel veranlaßte Gesamtänderung der Körpersäfte, die durch veränderte chemische Bedingungen das in den Säften präformierte Pigment (resp. dessen Komponente) in höchst gesteigerter Weise in den pigmentbildenden Schuppenbalgzellen zur Ausfällung gelangen lassen, vielleicht nach Art katalytischer Vorgänge. Sollte es durch diese Auffassung der Schwärzung als einer zur höchsten Empfindlichkeit gesteigerten chemischen Reaktion nicht schon erklärlich werden, daß wir bei der *albingensis* keine Übergänge vom Stammtiergrau zum Schwarz finden? Wir wissen aus der chemischen Praxis, daß bei allmählich gesteigertem Zusatz eines Reagens zu einem Reaktionsgemisch ein empfindlicher Farbumschlag in unvermittelter Totalität oft erfolgt.

Von der Berührungsstelle der Schuppenwurzeln mit den Pigmentdepots der Schuppenbälge aus erfolgt dann der Übergang in die Schuppen selbst. Ob dieser letzte Übergang in die Schuppe in einer weiteren Ausfällung aus den zuführenden Säften in der Schuppenzelle entsteht oder ob es sich um einen mehr mechanischen Transport handelt, dürfte schwer zu entscheiden sein. Wir stehen hier vor ähnlichen Fragen wie bei der Pigmentierung des tierischen und menschlichen Haares, das freilich ein schon komplizierteres Gebilde als die einzellige Schmetterlingsschuppe ist. Beim Haar, das ebenfalls einen Haarbalg mit Haarpapille in der Tiefe hat, von wo aus es sich nach oben hin verschiebt, will man neuerdings die Pigmentkörner durch eine regelrechte Säfteströmung mechanisch aufsteigen lassen.¹⁾ Dem steht die andere Ansicht gegenüber, daß das Pigment in den Gewebszellen biologisch gebildet wird.

Der von uns gefundene Umstand, daß es sich nach den Bildern keineswegs um grundsätzliche Verschiedenheiten der qualitativen Vorgänge zwischen melanistischer und normaler Ausfärbung der Schuppen handelt, sondern nur um quantitative Unterschiede in der Ausfällung des Pigments, spricht für eine reine Steigerung der

1) Nach GUST. FRITSCH, zit. in: Naturwiss. Woch., 1916 (N. F.). Vol. 15, No. 36.

physiologischen chemischen Reaktion bzw. der Mengen der reagierenden Stoffe, die mit dem Substrat der tiefen Schwärzung, sei es mit oder ohne optische Komponente, ihren Höhepunkt erreicht. Schwarz ist zweifellos ein Endprodukt einer derartigen Reaktion. Schwarz tritt erfahrungsgemäß z. B. bei *Vanessa urticae* zuletzt auf im Gegensatz zu Gelb und Rot, die früher erscheinen und vielleicht als direkte Vorstufen von Schwarz aufzufassen sind.

Mit dieser Annahme eines veränderten Stoffwechselchemismus der Körpersäfte als grundlegender Ursache des Melanismus soll nicht gesagt sein, daß nicht auch anatomisch-physiologische Eigenschaften des reagierenden Gewebes eine Rolle spielen. Hiergegen würden doch wohl die übrigen Formen unserer *albingensis* selbst sprechen. Wenn z. B. in der Form der *ab. albingo-subcaeca* (s. Fig. E) die weiße Makel ganz verschwindet, so könnte natürlich auch eine morphologische Ursache am Geäder vorliegen, die zu einer Richtungsveränderung im Säftestrom und damit auch der Kontaktflächen zwischen Säften und Gewebe geführt hat. Andererseits aber weist der Umstand, daß man neben der weißen auch einer gelben Färbung der Makel sowohl bei der *albingensis* als bei der Normalform begegnet, doch wieder auf den Chemismus als das Wesentliche hin, wenn Gelb die Vorstufe von Schwarz bedeuten kann.

Ähnlich könnte es mit den Formen *ab. marginata* und *permarginata* (s. Fig. C, F u. G) stehen, die sich durch die Pigmentfreiheit in den Randpartien des Flügels auszeichnen. Für die *permarginata*, bei der die hellen Randzonen auch auf die Unterseite der Flügel durchschlagen, habe ich nachweisen können (s. Lit.), daß die melanistische Ausfärbung getrennt an der oberen und unteren Flügel-lamelle vor sich gehen muß, indem die Begrenzung sich oben und unten nicht genau deckt. Dies weist zugleich auf eine zonenweise erfolgende Umstimmung des biologischen Charakters der mit Pigmentbildung reagierenden Flügelzellen hin. Bei der *permarginata* kommt man wohl um so weniger ohne eine solche lokalisierende Komponente aus, als hier der Charakter der Ausschwärzung der Unterseite der Flügel auffallend an die phyletisch fixierte gleiche Schwärzung bei den Alpenfaltern *Gnophos zelleraria* FOR. und fast noch mehr *Dasydia tenebraria* ESP. erinnert.

Mit der Annahme einer Mechanik aus chemischen Gründen wird der Begriff einer Anpassung des Falters in seinem Farbenkleide im teleologischen Sinne zum Zweck des Schutzes hinfällig. Für den neuzeitlichen Melanismus der Nachtfalter dürfte das

statistische Material bereits hinreichen, um mit einer gesetzmäßigen Entstehung der Schwarzfärbung durch Rauch und Rauchgase sowie eventuell Kohlenstaub in den Industriebezirken zu rechnen. STANFUSS hat diesen Melanismus in seinem bekannten Handbuch eingehend besprochen und weist darauf hin, wie besonders die typischen Zeichnungselemente, also die an sich schon dunklen Stellen des Falterflügels, betroffen werden, was übrigens ebenfalls für eine Steigerung der physiologischen Reaktionsvorgänge in unserem Sinne sprechen würde. Schon 1895 berührte SPULER auf der Zoologenversammlung in Straßburg den progressiven Charakter der schwarzen Form von *Psilura monacha* für die Großstadt Berlin und Umgegend. Wohl am sichersten fest stehen die Tatsachen gerade für unsere *Cym. or ab. albingensis*, deren Entstehung bis zur Rassenreinheit — wenigstens praktisch betrachtet — aus dem Milieu der wachsenden Groß- und Industriestadt Hamburg von mir nachgewiesen sein dürfte (s. Lit. No. 14). Inwieweit freilich an der so rapiden Ausbreitung dieses Falters Isolierung und Selektion beteiligt sind, ist eine Sache für sich. Nicht berührt wird jedoch hiervon die grundlegende Annahme des Chemismus in Verbindung mit einer Vererbung. In letzter Beziehung noch ein kurzes Wort zum Schluß.

Die Vererbungsfähigkeit des Melanismus ist bei ziemlich allen Noctuen-Melanismen durch die Praxis der Sammler und Züchter doch wohl sicher festgestellt. Tausch und Verkauf von weither bezogenem Zuchtmaterial, sei es von Eiern, sei es von Puppen, zur künstlichen Copula haben die Gesetzmäßigkeit der Vererbung schon früh erkennen lassen und zu einem dankbaren Modus geführt, die Sammlungen zu vervollständigen. Für unsere *albingensis* haben wir direkte Belege für das MENDEL-Verhältnis der Nachkommen (s. Lit.). Für die *Aglia tau* hat STANFUSS dies in einer glänzenden Arbeit für sämtliche melanistischen „Mutationen“ dieses Falters durchgeführt.¹⁾ Mir will scheinen, daß nichts so gut die Vererbbarkeit unseres *albingensis*-Melanismus im modernen Sinne einer bestimmten Erbinheit zu deuten imstande ist wie die grundlegende Annahme einer umgestimmten chemischen Konstitution durch die veränderten Körpersäfte. Wie sehr alles, was Konstitution bedeutet, mit den Äußerungen der Keimdrüsen zusammenhängt.

1) STANFUSS, Die alternative oder diskontinuierliche Vererbung und ihre Veranschaulichung an den Ergebnissen von Zuchtexperimenten mit *Aglia tau* und deren Mutationen, in: Deutsch. entomol. Biblioth., Vol. 1 (1910), No. 1—4.

ja von hier aus geradezu dirigiert wird, haben die biologischen Forschungen der letzten Jahrzehnte — nicht zum wenigstens an den pathologischen Verhältnissen des hochstehenden Menschen — ergeben. Bei einer „chemischen Konstitution“ aber setzen gerade die Schlüsse der neuesten Vererbungslehre ein. LANG sagt in seiner monumentalen „Experimentalen Vererbungslehre“ folgendes: „Die Erbllichkeit beruht auf dem unveränderten Fortbestehen einer bestimmten genotypischen Konstitution (JOHANNSEN), der stofflichen Grundlage der Vererbung und damit auch der unveränderten Fortdauer einer bestimmten Reactionsform. Die sinnenfällige erbliche Organisation ist im wesentlichen das Resultat des Zusammenwirkens von erbeinheitlichen Genen oder Erbfactoren bei der Entwicklung, Factoren, denen ein hoher Grad von Autonomie zukommt, die man sich vorläufig am besten nach dem Vorbilde chemischer Verbindungen vorstellt, welche (nach ROUX) vollkommen assimilationsfähig sind und neben einer außerordentlichen Widerstandskraft gegen äußere Einwirkungen ein enormes Vermögen der Selbstwiederherstellung besitzen (autokatalytische Substanzen, nach HAGEDORN).“¹⁾

Literaturverzeichnis.

1. WARNECKE, *Cym. or F. nov. ab. albingensis*, in: Internat. entomol. Ztschr., Guben 1908, p. 7 u. 126.
2. HASEBROEK, Über *Cym. or F. ab. albingensis* und die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung ihres Melanismus, in: Entomol. Rundschau, Stuttgart 1909, No. 9.
3. —, Wie haben wir die *Cym. or albingensis* nach den MENDEL'schen Regeln weiter zu züchten?, in: Internat. entomol. Ztschr., Guben 1911, No. 2.
4. —, Über *Cym. or ab. albingensis*, in: Verh. intern. Congr. Entomol., (Brüssel) 1911, p. 79.
5. —, Bitte an die Sammler zur Mitarbeit an der Erforschung des Melanismus, in: Internat. entomol. Ztschr., Guben 1911, No. 27.
6. WARNECKE, Eine neue Abart von *Cym. or F. ab. marginata*, *ibid.*, 1911, No. 34.

1) Zitiert nach SCHAXEL, Über den Mechanismus der Vererbung. Jena 1916, p. 20.

7. BUNGE, Noch eine Form der *Cym. or F. ab. albingoradiata*, *ibid.*, 1911, No. 40.
 8. ZIMMERMANN, Über die Ergebnisse der Kreuzungszucht mit *Cym. or F. ab. albingensis*, *ibid.*, 1911, No. 43.
 9. KUJAU, *Cym. or ab. albingoradiata* BUNGE, *ibid.*, 1912, No. 38.
 10. BUNGE, *Cym. or ab. albingosubcaeca*, *ibid.*, 1913, No. 14.
 11. HASEBROEK, Über den gegenwärtigen Stand unserer *Cym. or ab. albingensis*, *ibid.*, 1913, No. 46.
 12. —, Eine bemerkenswerte, bei Hamburg auftretende Schmetterlingsmutation, *ibid.*, 1914, No. 46 und Umschau (Frankfurt a. M.), 1913, No. 49.
 13. —, *Cym. or F. ab. permarginata* forma nova und ihre Bedeutung für die Erforschung des Melanismus, in: *Internat. entomol. Ztschr.*, Guben 1914, No. 10.
 14. —, Über die Entstehung des neuzeitlichen Melanismus der Schmetterlinge und die Bedeutung der Hamburger Formen für deren Begründung, in: *Zool. Jahrb., Vol. 37, Syst.*, 1914 und *Internat. entomol. Ztschr.*, Guben 1915, No. 37.
 15. —, *Cym. or F. ab. albingoflavimacula* form. nov., in: *Internat. entomol. Ztschr.*, Guben 1916, No. 18, p. 97.
-

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Beiträge zur Biologie und Physiologie der Larve von *Chironomus gregarius*.

Von

Johannes Pause.

Mit Tafel 7—8 und 22 Abbildungen im Text.

Inhalt.

	Seite
I. Einleitung.	340
II. Material, Technik	342
III. Systematik	345
IV. Morphologie und Anatomie.	346
V. Biologie.	353
a) Lebensweise und Vorkommen der erwachsenen Larven	353
b) Eiablage und Embryonalentwicklung	355
c) Die postembryonale oder larvale Entwicklung bis zur Puppe	357
d) Vergleichung der experimentellen Ergebnisse mit den Befunden im Freien	366
VI. Physiologie	368
A. Der Phototropismus junger Larven	368
B. Widerstandsfähigkeit der Larven gegen chemische Ein- flüsse, Hunger und mechanische Verletzungen	370
C. Das Tracheensystem	374
1. Morphologie des Tracheensystems	374
2. Die physiologische Leistung des Tracheensystems	381
a) Die Füllung des Tracheensystems	382

	b) Versuche bei verändertem Druck	Seite 383
	c) Bedeutung der Tracheenatmung für <i>Chironomus gregarius</i>	389
D.	Das Circulationssystem	390
	1. Morphologie der den Kreislauf bedingenden Membranen	390
	2. Der Fettkörper, Morphologie, Histologie und physiologische Bedeutung	399
	3. Histologie der Membran; Vergleich ihres histologischen Baues mit dem der Fettkörper. Histologie der Tubuli und Analanhänge	404
	4. Das Blut	408
	5. Die physiologische Leistung des Respirations- und Circulationssystems	417
	a) unter normalen Bedingungen	417
	b) im Medium ohne Sauerstoff	420
	Das Verhalten von Tieren auf dem 3., 2. und 1. Häutungsstadium	428
	6. Versuche zur Bestimmung des Sauerstoffminimums, das zur Erhaltung der Atemprozesse bei <i>Chironomus gregarius</i> vorhanden sein muß	436
VII.	Schluß	441
VIII.	Ergebnisse	443
	Literaturverzeichnis	446

I. Einleitung.

Vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung des Herrn Prof. STECHE-Frankfurt a. M. im Zoologischen Institut zu Leipzig ausgeführt und zwar in der Zeit vom Sommersemester 1914 bis zum Wintersemester 1915—1916. Ursprünglich war die Arbeit als Fortsetzung der Abhandlung von GERHARD v. FRANKENBERG gedacht, welche die Schwimmblasen von *Corethra* behandelt.

V. FRANKENBERG teilt darin Untersuchungen über die Füllung und den Gaswechsel im geschlossenen oder apneustischen Tracheensystem mit. Zur weiteren Klärung dieses Problems sollten auch Angehörige der Gattung *Chironomus* bearbeitet werden. Ebenso waren gleichzeitig Untersuchungen über Ephemeriden-Larven und deren Atmung im Gange. Der Zweck aller dieser Arbeiten war, genügend Tatsachenmaterial zur Aufstellung einer Theorie der Atmung beim geschlossenen Tracheensystem zu beschaffen, über deren Wesen bis heute fast nichts bekannt ist.

Im Laufe meiner Arbeit stellte sich aber heraus, daß die von mir gewählte Art (*Chironomus gregarius*) für die Lösung des oben ange-

gegebenen Problems nicht sehr günstig war, da das Tracheensystem nur sehr spärlich entwickelt ist. Außerdem wurde die Beobachtung durch den Aufenthalt der Tiere in Schlammröhren ungeheuer erschwert, da das Heraustreiben der Larven aus ihren Bauten sehr schwierig ist und meist nicht ohne Verletzung abgeht.

Während meiner Untersuchungen mußte ich sowohl dem roten Blutfarbstoff als auch den eigentümlichen Ausstülpungen am 8. Abdominalsegment und in der Analgegend meine Aufmerksamkeit zuwenden. Man hatte diese bisher, ohne wirkliche Unterlagen zu besitzen, als Atemorgane angesprochen. Es lagen aber nicht einmal genaue Angaben vor, ob und in welcher Weise die Leibeshöhlenflüssigkeit in ihnen circulierte. Durch die Verfolgung dieser neu auftauchenden Probleme entfernte sich die Arbeit mehr und mehr von ihrem eigentlichen Ziele, Klarheit über den Gasaustausch im Tracheensystem zu schaffen, und befaßte sich ganz allgemein mit den Atemvorgängen bei *Chironomus gregarius*, die gegenüber den Formen, die an die Wasseroberfläche oder zum mindesten an klares, wenig verunreinigtes Wasser gebunden sind, wesentliche Abweichungen zeigen.

Da die von mir bearbeitete Chironomiden-Art selbst in arg verschmutzten Gewässern vorkommt, die infolge von raschen Verwesungsprozessen äußerst sauerstoffarm sind, lag es nahe, die Tiere auch im Laboratorium einem künstlich sauerstoffarm gemachten Wasser auszusetzen. Die Schwierigkeiten, die bei der Lösung dieses Problems auftauchten, waren nicht leicht zu überwinden, da natürlich dabei nur unter Stickstoffatmosphäre gearbeitet werden konnte und somit eine immerhin komplizierte Apparatur nötig wurde. Für die liebenswürdige Unterstützung bei deren Anschaffung sowie für die wertvollen Ratschläge und für das feine Verständnis, das Herr Prof. MEISENHEIMER von Anfang an meiner Arbeit entgegenbrachte, möchte ich hiermit meinen herzlichen Dank abstellen. Ebenso gebührt Herrn Prof. STECHE aufrichtiger Dank, der mir auch nach seiner Übersiedlung nach Frankfurt a. M. noch kräftig mit Rat und Tat zur Seite stand. Bei der Lösung der auftauchenden technischen Schwierigkeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete unterstützte mich bereitwilligst Herr Prof. SIEVERTS, dem ich hiermit auch herzlich danken möchte. Bei der Besprechung der biologischen Probleme fand ich reges Interesse beim Assistenten des Instituts, Herrn Dr. WAGLER.

II. Material, Technik.

Das verarbeitete Material stammte zum allergrößten Teile aus der Parthe, einem kleinen Fließchen im Nordosten Leipzigs. Einziges Mal lieferte mir auch der bei Schloß Hubertusburg durch Wermsdorf fließende Bach reichliches Material.

Zum Fangen diente mir ein einfaches Stocknetz aus gewöhnlicher Gaze. Eine von THUMM-Dresden angegebene Methode gestattete, ohne viel Mühe die Tiere vom Schlamm zu trennen. Sie macht sich ihre Eigenschaft zunutze, beim Eintrocknen des Schlammes nach dem Wasser zu streben. Bringt man den Schlamm mit den Tieren in ein Sieb, das man auf ein Gefäß mit Wasser setzt, so wird man die meisten Tiere in kurzer Zeit im Wasser vorfinden, wo man zum Zwecke der Reinzüchtung noch die gewünschte Art herauslesen kann.

Die Eier gewann ich am besten durch Herausnehmen und Absuchen von Steinen, besonders von Ziegelsteinen, auf deren rauen Bruchstellen die Ausbeute besonders groß war. Diese Rauheit kommt der Mücke bei der Eiablage zustatten, da sie sich auf der Bruchstelle bequem der Wasseroberfläche nähern kann. Auch bei den Gelegen ist es nicht schwer, die Arten der Chironomiden zu unterscheiden und Reinkulturen zu erhalten.

Das Halten der Larven im Institut bietet einige Schwierigkeiten, denn allem Anscheine nach darf der Sauerstoffgehalt des Wassers nicht unter ein bestimmtes Minimum sinken, ohne daß die Existenz der Tiere in Frage gestellt wird. Diese Gefahr liegt aber sehr nahe, da ein großer Teil des im Wasser gelösten Sauerstoffs zur Oxydation der verwesenden organischen Substanz verbraucht wird, die den Tieren zur Nahrung dient. So ist man gezwungen, stets für neue Sauerstoffzufuhr zu sorgen. SCHNEIDER (1904) gibt an, daß er unter den gleichen Schwierigkeiten zu leiden hatte. Darum empfiehlt er:

1. reichlichen Wasserwechsel in den Zuchtgeräßen, oder
2. Halten der Tiere in ganz flachen Gefäßen mit höchstens 1—1,5 cm Wasserhöhe, um eine möglichst gute Durchlüftung herbeizuführen, oder
3. das Besetzen des Zuchtgefäßes mit möglichst vielen Wasserpflanzen, die unter Einwirkung des Lichtes Sauerstoff produzieren.

Ich arbeitete fast ausschließlich nach den unter 1 und 3 angegebenen Wegen und mit recht gutem Erfolge. Methode 3 änderte ich so

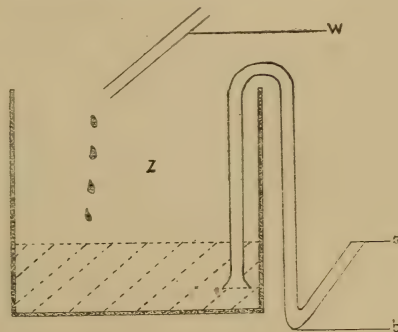
ab, daß ich für den Assimilationssauerstoff komprimierte atmosphärische Luft verwendete, die durch einen Buchsbaumverteiler ausströmte. Besonders zu empfehlen ist diese Methode, wenn man das Zuchtgefäß zur Gewinnung von Imagines durch einen Gazeaufsatz absperren muß, durch den die Zuführung der Luftleitung sehr leicht zu bewerkstelligen ist.

Handelt es sich aber nur darum, die Larven zu halten, um dauernd Material zu haben, ist Methode 1 viel bequemer. Den Wasserwechsel erreichte ich kontinuierlich sehr leicht dadurch, daß ich aus einer Wasserleitung dauernd zutropfen ließ, während der Abfluß von einem automatisch wirkenden Heber versorgt wurde (vgl. Fig. A). Auf diese Weise habe ich im Keller des Instituts viele Monate lang Tiere am Leben gehalten, ohne mich darum zu kümmern. Die Temperatur des Raumes betrug durchschnittlich 16° C.

Fig. A.

Schema der Anlage für fließendes Wasser.

- a Ende des Abflußrohres
- b tiefste Stelle desselben
- W Zufußrohr von der Wasserleitung
- Z Zuchtgefäß



Bemerken möchte ich noch, daß bei den in der Gefangenschaft abgelegten Eischnüren sehr oft Versager vorkamen, d. h. es gelang trotz sorgsamer Pflege nicht, die Eier zum Ausschlüpfen zu bringen, obgleich die Gelege ganz normal aussahen. Wahrscheinlich waren sie nicht befruchtet. Ich benutzte sie deshalb auch nur, um das Aussehen der Laichschnüre der von mir bearbeiteten Chironomiden-Art kennen zu lernen und sie im Freien wiederfinden zu können.

Einige Worte noch über die mikroskopische Technik und über die Färbemethoden. Im Anfang möchte ich gleich bemerken, daß *Chironomus gregarius* für Vitalfärbung, soweit ich sie untersuchte, völlig unzugänglich ist. Ich wendete bei ganz jungen, eben geschlüpfen Tieren, die ich ihrer Zartheit halber wählte, Neutralrot, Methylenblau und Alizarinrot nach FISCHER an, ohne irgendwelche Erfolge zu bekommen. Die Tiere nahmen im günstigen Falle die

angefärbte Nahrung auf, aber in das Darmgewebe drang der Farbstoff nicht ein, so daß ich bald von einer Vitalfärbung absah. Selbst wenn sich die Tiere in der Lösung häuteten, kam keine Färbung zustande.

Die Untersuchung der Mundteile geschieht am einfachsten am lebenden und durch geringen Druck in seiner Lage fixierten Tiere, auch Glycerinpräparate eignen sich. Fettkörper und Tracheensystem beobachtet man ebenfalls vorteilhaft im Leben. Die Tracheen treten infolge ihres Luftgehaltes deutlich schwarz hervor, was mit Osmiumsäure nie zu erreichen war, da sich dann stets der Fettkörper so stark mitschwärzte, daß die Tracheen vollständig unsichtbar wurden.

Stört bei der Tracheenbeobachtung das darunterliegende Fettgewebe, so kann man die Tiere 3—5 Stunden in 1%iger Kalilauge macerieren. Dabei bleibt die Luft in den Tracheen erhalten, wenigstens einige Tage, während deren man eine Skizze bequem anfertigen kann. Die so behandelten Tiere wurden in Formol eingeschlossen und das Deckglas mit Kitt umrandet.

Von der Fixierung gilt ganz allgemein, daß stets heiße Mittel angewendet werden müssen, da die Tiere kalten Reagentien gegenüber verhältnismäßig widerstandsfähig sind und sich stets einrollen. Am besten schneidet man die Tiere, wo es möglich ist, auch an.

Zur Fixierung wurden folgende Gemische verwandt:

1. ZENKER'sche Lösung, Wirkungsdauer 3—4 Stunden:

2. 40 Vol.-T. Wasser,

20 „ Alkohol 96 %.

6 „ Formol konz.,

1 „ Eisessig.

Wirkungsdauer ca. 3 Stunden.

3. Konzentrierte wässrige Lösung von Sublimat 56 ccm.

Alkohol 96% 40 ccm,

Salpetersäure konz. 4 ccm.

Wirkungsdauer ca. $1\frac{1}{4}$ —3 Stunden.

4. HERMANN'sche Lösung. Wirkungsdauer ca. 3 Stunden.

Die günstigsten Resultate erzielte ich mit den unter 2—4 angegebenen Lösungen in Übereinstimmung mit HASPER (1910). Lösungen 2 und 3 verwendete ich mit gutem Erfolge zu morphologischen Schnittserien, da beide so gut wie keine Schrumpfungerscheinungen hervorrufen. HERMANN'sche Lösung bewährte sich bei der Bearbei-

tung des Fettkörpers. Nur äußerst schwierig ließ sich bei diesem Material die Schrumpfung vermeiden, meist nur auf ein Mindestmaß einschränken. Sie trat bei der Überführung in höhere Alkohole von etwa 40%igem an auf. Deshalb wurden Alkoholstufen von etwa nur 5% Konzentrationsunterschied gewählt. Das Überführen geschah in Reagenzgläsern, die mit zwei benachbarten Alkoholkonzentrationen beschickt wurden. Zwischen beide Alkohole wurde ein Wattebausch eingeschaltet, durch den der Konzentrationsausgleich sehr langsam vor sich ging.

Zum Schneiden wurden die größeren Tiere in Paraffin eingebettet, die kleineren in Kollodiumnelkenöl. Dabei mußte wegen der Schrumpfungsgefahr sowohl bei der Überführung von Alkohol absol. nach Nelkenöl als auch von Nelkenöl nach Nelkenölkollodium die Senkmethode angewendet werden.

Geschnitten wurde für histologische Zwecke meist 5 μ , für morphologische 8–10 μ .

In den meisten Fällen kam ich mit der gewöhnlichen Färbung Hämatoxylin (DELAFIELD)-Eosin aus. Teilweise wurde auch Orange-G verwendet. Für die scharfe Herausarbeitung der Membran ebenso wie für die Färbung der Kerne in den Analanhängen bewährte sich das HEIDENHAIN'sche Eisenhämatoxylin. Safranin haftet an dem mit HERMANN'scher Lösung fixierten Material nicht.

III. Systematik.

Da die Systematisierung der Chironomiden in den letzten Jahren bedeutende Fortschritte gemacht hat, möchte ich doch einige Worte über den Platz im System sagen, welcher der von mir bearbeiteten Art zukommt. Zuerst hat MEINERT 1886 den Versuch unternommen, eine systematische Bearbeitung der eucephalen Mückenlarven zu schaffen. Er gibt auch den von ihm aufgestellten Gruppen eine sehr genaue morphologische Beschreibung bei. Doch ist die Systematik ziemlich oberflächlich geblieben, denn er begnügt sich, 2 Gruppen aufzustellen:

1. die *plumosus-venustus*-Gruppe und
2. die *motilator*-Gruppe.

Die 1. Gruppe ist charakterisiert durch die blutrote Farbe und durch 2 Paar Atemanhänge am 8. Abdominalsegment. Der 2. Gruppe fehlen diese beiden Merkmale, die zu ihr gehörigen Tiere sind also weiß oder blaßgrün und haben am 8. Abdominalsegment keine Atem-

anhänge. Die 1. Gruppe würde nach der THIENEMANN-KRAATZ'schen Systematik der *Chironomus*-Gruppe entsprechen, die 2. ist in mehrere Gruppen aufgelöst, in die *Tanypus*-, *Tanytarsus*- und *Orthocladius*-Gruppe.

Da mich auch die Systematik von JOHANNSEN (1905) nicht zum Ziele führte, blieb mir zur Bestimmung nur die von KRAATZ-THIENEMANN übrig, mit der ich vorzüglich auskam, soweit sie eine Bestimmung der Larven und Puppen schon ermöglicht. Eng an diese Systematik schließt sich die von ZEBROWSKA (1914) gegebene an, die im wesentlichen die THIENEMANN'sche noch spezialisiert. Nach der Systematik von ZEBROWSKA würde sich die zu meiner Arbeit verwendete Art sowohl morphologisch als auch biologisch am besten mit *Chironomus C* zur Deckung bringen lassen.

Nach KRAATZ würden folgende Chironomiden-Arten in Frage kommen:

Chironomus gregarius (KIEFFER).

Chironomus thummi (KIEFFER)

Chironomus sanguineus (KIEFFER).

Die Larven dieser 3 letzten Formen sind bisher noch nicht zu unterscheiden. Unter Berücksichtigung der Imago bei der Bestimmung kam ich zu dem Schluß, daß es sich bei der zur Arbeit verwendeten Art höchstwahrscheinlich um *Chironomus gregarius* handelt.

IV. Morphologie und Anatomie.

Der morphologischen Beschreibung lege ich am besten die ausgewachsene, kurz vor der Verpuppung stehende Larve zu Grunde. Die Abweichungen, die während des Larvenlebens vorkommen, sollen im Abschnitt V c behandelt werden. Morphologische und anatomische Untersuchungen lagen schon vor, doch bezogen sich diese Arbeiten fast ausschließlich auf die Vorgänge während der Embryonalentwicklung oder auf die vor der Verpuppung stehende Larve. Die Veröffentlichungen stimmen untereinander im großen und ganzen überein, außerdem wurden sie durch meine eigenen Beobachtungen bestätigt, so daß ich mich darauf beschränken kann, aus den Veröffentlichungen von MEINERT, MIALl u. HAMMOND, HOLMGREN, ZEBROWSKA und KRAATZ das zum Verständnis dieser Arbeit nötige Material zusammenzustellen. Gleichzeitig sollen noch einige Ungenauigkeiten beseitigt werden.

Die Larve besteht aus einem Kopf und 12 Segmenten (Fig. B), von denen die ersten 3 durch die Anlagen der Flügel und Beine des fertigen Insects als Thoracalsegmente charakterisiert sind. Das 1. Thoracalsegment ist von dem 2. noch deutlich geschieden, während das 2. und 3. ineinander übergehen, besonders bei älteren Larven. Das 1. Segment trägt das vordere Haftfüßchenpaar (*v.H.*). Die Füßchen selbst sind nur kurz und inserieren mittels eines gemeinsamen Basalstückes an der Ventralseite des 1. Segments. Am distalen Ende des Füßchens befinden sich stark gekrümmte Haftborsten in reichlicher Zahl (vgl. Fig. A *v.H.*). Die Borsten dienen, wie die der hinteren Haftfüßchen, zum Festhalten im Gehäuse und während des Kriechens.

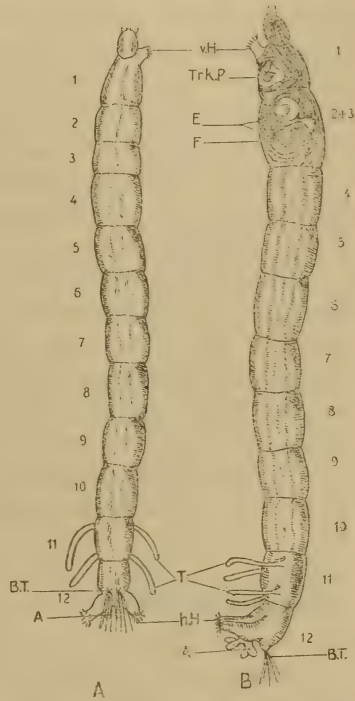
Fig. B.

Übersichtsbilder von *Chironomus gregarius*.
(Nach MIALLE u. HAMMOND.)

9:1.

- A Larve kurz nach der 3. Häutung.
B Larve kurz vor der Verpuppung.

1—12 1.—12. Segment
A Analanhänge
BT Borstenträger mit Borsten
E Extremitätenanlagen der Imago
F Flügelanlagen der Imago
vH vordere Haftfüßchen
hH hintere Haftfüßchen
TrkP Anlage der Tracheenkieme der Puppe
T Tubuli



Auf den Thorax folgt das Abdomen, welches aus 9 Segmenten besteht, von denen 7 einander gleich sind und keine Besonderheiten zeigen. Am 8. Segment des Abdomens finden sich 2 Paar lange, dünne Schläuche, das 1. Paar im ersten Drittel des Segments, das 2. Paar nahe seinem caudalen Rande (Fig. B *T*, Fig. H—K, Fig. 14 bis 15 *T.h* u. *T.v*). Ich möchte hier gleich bemerken, daß diese Organe im Laufe der Arbeit stets als „Tubuli“ bezeichnet werden sollen, zum Unterschied von 2 Paar ähnlichen Gebilden, die in der Analregion zu finden sind und deshalb „Analanhänge“ heißen sollen (Fig. B *A*, Fig. F, H—K, Fig. 14 *A*, Fig. 15 *o.A* u. *u.A*). Das

9. Abdominalsegment trägt den After; dem analen Feld sitzen 4 flache Papillen auf, welche die erwähnten Analanhänge tragen. Der After liegt genau in der Mitte zwischen diesen Anhängen. Die Analanhänge selbst sind viel kürzer als die Tubuli, etwa von birnförmiger Gestalt. Außerdem trägt das 9. Abdominalsegment noch das hintere Paar von Haftfüßchen (Fig. B *h. H.*, Fig. F, Fig. H—K, Fig. 14 u. 15 *h. H.*). Diese sind im Gegensatz zu dem vorderen Paar scharf voneinander getrennt, so daß jedes einzelne Füßchen für sich am Segment ansitzt. Die hinteren Haftfüßchen tragen an ihrem distalen Ende ebenfalls einen Hakenkranz, der hier nur aus wenigen, aber starken Chitinhaken besteht. Am analen Ende des 9. Abdominalsegments findet man noch dorsalwärts 2 Chitinhöcker, die an ihrem distalen Ende 7 lange, braune Borsten tragen. Auf diesen Höckern finden sich weiter proximal an den lateralen Seiten noch 2 kurze, nahe beieinanderliegende Borsten (Fig. B *B. T.*, vgl. auch Fig. F, H, J, K u. Fig. 15).

Auf die Morphologie des Kopfes möchte ich nur mit einigen Worten eingehen. Eine genaue Beschreibung, ebenso wie die nötigen Figuren, finden sich bei KRAATZ.

Der ovale, stark chitinierte Kopf liegt nicht in der Verlängerung der Körperachse, sondern gegen dieselbe schräg abwärts geneigt. Der Clypeus ist von lang-dreieckiger Gestalt und trägt in gleichen Abständen angeordnet 3 Paar Borsten. Auf die nähere Beschreibung und Stellung der Borsten kann ich hier nicht eingehen, ich verweise deshalb auf die Arbeiten von KRAATZ.

Die Antennen inserieren auf ganz niedrigen Vorwölbungen am Kopf gelenkig und sind 5gliedrig. Das Basalglied ist kräftig entwickelt und mehr als 3mal so lang wie breit. Das als Sinnesorgan gedeutete ringförmige Gebilde sitzt auf dem zweiten Drittel des Basalgliedes. Neben dem 1. Endglied erhebt sich eine spitze Borste, die bis zur Hälfte des vorletzten Endgliedes reicht.

Augen sind jederseits 2 vorhanden, die inneren halbkreisförmig und mit der nicht gekrümmten Seite den äußeren zugewandt, die kreisrund sind. Beide Augen sind nur Pigmentflecke ohne Linsen; wahrscheinlich sind sie infolge des dauernden Grundlebens der Larve derartig rückgebildet.

Zwischen den beiden Antennen inseriert das Labrum, das mehrere Borsten und borstenähnliche Gebilde aus Chitin trägt. Damit kommen wir zu den Mundteilen, die nach dem Typus der beißenden gebaut sind. An das Labrum schließt sich der sehr gut

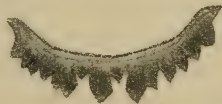
entwickelte Epipharynx an. Am vorderen, cranialen Teile des Epipharynx treffen wir auf einen Kamm mit zahlreichen, kleinen Chitinzähnen, die gleichmäßig über ihn verteilt sind. Darunter befindet sich ein durch kräftige Chitinleisten begrenztes hufeisenförmiges Gebilde, dessen Rundung caudalwärts gerichtet ist. Eine Chitinleiste, welche die cranial gelegene Öffnung des Hufeisens abschließt und dem oben erwähnten Kamm parallel geht, trägt 11 gleichgroße, kräftige Chitinzähne. In den Ecken zwischen dieser Leiste und den Schenkeln des Hufeisens entspringen jederseits 6 langgezähnte, kammförmige Chitinhaken. Das Hufeisen wird jederseits von einem sichelförmigen, stark chitinierten Anhang umschlossen, der in 2 kräftige Chitinspitzen ausläuft (lateral arms von MIALL u. HAMMOND und JOHANNSEN). Der Epipharynx dient dazu, die Nahrung buchstäblich in den Mund zu stopfen; er bewegt sich dorsoventral.

Die Mandibeln sind breit-dreieckig, stark gelbbraun gefärbt und mit 4 stumpfen Zähnen bewaffnet. Eine Borste am Innenrande der Basis ist in 4 Teile gespalten und diese wieder in feine Fäden aufgelöst. Außerdem sind noch einige weitere Borsten vorhanden. Die Mandibeln arbeiten nicht gegeneinander (denn im eingeschlagenen Zustand berühren sie sich nicht), sondern gegen die Bezahnung des Labiums. Die Ebene, in der sie sich bewegen, ist um etwa 45° ventralwärts gegen die Sagittalebene gedreht.

Die ersten Maxillen sind nur kurz zu behandeln, da sie während der Entwicklung keine große Veränderung erfahren. Sie sind ziemlich gut entwickelt und besitzen ein bläschenförmiges Basalglied, auf dem etwas nach innen verlagert ein kegelförmiges Gebilde aufsitzt, das am distalen Ende einige Zähnchen trägt.

Fig. C.

Labium (2. Maxillen einer ungehäuteten Larve). 360 : 1.



Die 2. Maxille (Labium) hat die in Fig. C dargestellte Form. Man kann einen dreiteiligen Mittelzahn unterscheiden, der von den ersten Seitenzähnen je rechts und links durch eine tiefe Falte getrennt ist. Die jederseits folgenden weiteren 4 Zähne sind einfach und nach dem Rande zu an Größe abnehmend. An der Ventralseite sitzen dem Labium noch 2 Palpen an, dick chitiniert und durch ihre fächerförmige Gestalt auffallend.

Hinter dem Labium liegt der Hypopharynx, eine parallel dem Labium nach der Mundhöhle zu verschobene Franse, die mit Chitin-

zapfen besetzt und wahrscheinlich der Träger der Geschmacksorgane ist. Nach MIALL stellt der Hypopharynx das nach dem Innern der Mundhöhle verlagerte Submentum dar, während das Mentum identisch mit dem Labium wäre. Dafür spricht besonders das Auftreten der Palpen am Labium, jener fächerförmigen Gebilde, die unter normalen Verhältnissen auch am Mentum inserieren.

Dieser kurze Abriß der Morphologie der Mundteile war unbedingt nötig, da ich bei der Behandlung der larvalen Entwicklung darauf zurückgreifen muß.

Was die Anatomie anbetrifft, so kann ich mich noch kürzer als im morphologischen Teile fassen, da sie erstens bei MIALL u. HAMMOND schon sehr genau bearbeitet, außerdem aber während der larvalen Entwicklung nur ganz unbedeutenden Veränderungen unterworfen ist.

Wir beginnen am besten mit der Behandlung des Darmtractus. Er zieht fast gerade vom Kopf aus durch den ganzen Körper. Man kann an ihm den Ösophagus, den Proventrikel oder Kropf, ferner den eigentlichen Magen und den Enddarm unterscheiden. Als Anhänge des Darmtractus wären aufzuführen: die paarigen Speicheldrüsen, 3 Reihen drüsige Blindsäcke am Proventrikel und die MALPIGHI'schen Gefäße. Vorder- und Enddarm sind wie gewöhnlich mit Chitin ausgekleidet.

Das untere Ende des Ösophagus, der von dünner, häutiger Beschaffenheit ist, erstreckt sich ein Stück in den Magen hinein und bildet in gewöhnlicher Weise eine peritrophische Membran.

Der Magen stellt sich als ein vorn breiteres, nach hinten sich verjüngendes Rohr dar, der eine innere Ring- und eine äußere Längsmuskelschicht besitzt. An ihm fallen noch besonders die vorspringenden, großkernigen Drüsenzellen auf, die der ganzen Oberfläche ein höckeriges Aussehen verleihen und bis etwa zur Mitte des Magens zu verfolgen sind.

Der Enddarm beginnt mit der Einmündung der MALPIGHI'schen Gefäße. Von hier aus treten zeitweilige starke Kontraktionen auf, die nach MIALL die Nahrungsflüssigkeit zwischen Magenwand und peritrophische Membran pressen sollen, um sie so dem Magenepithel und damit dem Körper zugänglich zu machen. Doch werden diese Kontraktionen auch als beim Atemprozeß wirksam betrachtet, wobei durch sie das durch den Mund aufgenommene Atemwasser durch den After ausgepreßt wird. Der Endteil des Enddarmes zeigt eine starke Längsfaltung seiner Wandung.

Die Speicheldrüsen sind paarig und stellen sich als 2 hohle Säcke im 2. und 3. Thoracalsegment dar. In ihnen fallen sofort die großen Kerne auf, die, teilweise von einer Protoplasmaschicht umgeben, in den Drüsenraum vorspringen, ganz ähnlich den Kernen in den Analanhängen, im Magenepithel und in den MALPIGHI'schen Gefäßen. Die Ausführungsgänge der Speicheldrüsen zeigen pseudotracheale Struktur, vereinigen sich vorn im Kopf und münden ganz in der Nähe des Hypopharynx aus.

Zu den MALPIGHI'schen Gefäßen ist nicht viel zu sagen. Es sind 4 lange Schläuche, von denen sich je 2 nach vorn und je 2 nach hinten von der Einmündungsstelle erstrecken. Auch hier finden sich große Kerne, die in das Röhrenlumen hineinragen.

Zur Muskulatur möchte ich nur noch einiges nachtragen, was ich bisher in der Literatur nicht gefunden habe. Es bezieht sich auf die Wirkungsweise der Muskulatur in den Haftfüßchen. Ihre Muskeln wirken lediglich als Retractoren, denn die Ausstülpung der Füßchen erfolgt durch den Blutdruck. Davon kann man sich leicht durch zwei Beobachtungen überzeugen. Erstens gelingt es stets durch einen leichten Druck auf das Deckglas, die eingezogenen Füßchen zur Ausstülpung zu bringen, weil man durch das leichte Pressen den Druck im Innern des Tieres erhöht. Zweitens kontrahieren sich die Füßchen stets, sobald man ein Tier ansticht und damit den Druck in der Leibeshöhle vermindert.

Über die hinteren Haftfüßchen im besonderen ist noch folgendes nachzutragen. In jedes dieser Füßchen hinein erstrecken sich 3 Muskelbänder, die an seinem distalen Ende inserieren. Eines von ihnen entspringt mit seinem proximalen Ende an der Ventralseite des 9. Abdominalsegments und zwar an der gleichen, auf der das Füßchen liegt. Die beiden anderen heften sich aber mit ihrem Ursprung an der dem Füßchen gegenüberliegenden Seite an, und zwar etwas dorsalwärts verschoben. So müssen sich also die entsprechenden Muskeln der beiden hinteren Haftfüßchen innerhalb des Körpers kreuzen. Das Eigenartige beruht nun darin, daß an der Kreuzungsstelle das Sarcolemm des einen Muskelpaares fest mit dem des anderen verschmolzen ist. Dadurch ist nur eine synchrone Bewegung beider hinterer Haftfüßchen möglich, die man auch im Leben dauernd beobachten kann. Dies hat einen gewissen regulatorischen Einfluß auf die Blutcirculation, wie wir später noch sehen werden.

Hier darf ich wohl auch noch einen Irrtum feststellen, der

MEINERT unterlaufen ist. Dieser Forscher behauptet, die Tubuli könnten eingezogen werden. Erstens habe ich dies trotz häufigster Beobachtung nie feststellen können, zweitens enthalten aber die Tubuli keinerlei Muskelemente. Würde man selbst annehmen, daß die Ausstülpung wie bei den Haftfüßchen durch Blutdruck bewerkstelligt werden könnte, so müßten doch unbedingt noch Retractoren als Antagonisten angenommen werden. Von denen ist aber, wie schon bemerkt, nichts nachzuweisen. Bei der Beobachtung zwischen Deckglas und Objektträger geraten die Tubuli oft unter die Ventralseite des Tieres, so daß nichts von ihnen zu sehen ist. Es ist möglich, daß MEINERT dadurch zu dem irrigen Schluß geführt worden ist.

Alles weitere über die Muskulatur findet man bei MIALL u. HAMMOND; HOLMGREN behandelt ausführlich die Muskulatur des Kopfes.

Das Nervensystem besteht aus einem Cerebral-, einem Subösophageal- und Thoracalganglion. Daran schließen sich noch weitere 8 Abdominalganglien an (vgl. Fig. F). Bei *Chironomus gregarius* liegt das Cerebral- und Subösophagealganglion nicht in der Kopfkapsel, die meist nur mit Kaumuskulatur erfüllt ist, sondern sie sind in den Prothorax verlagert. Infolgedessen sind im Vergleich zu normal gebauten Insecten die nach dem Kopf gehenden Nerven stark verlängert. Die Schlundcommissur ist sehr kurz. Näheres über die Kopfnerven sowie über die von ihnen innervierten Gebiete findet man bei HOLMGREN.

Die Connective sind doppelt vorhanden, das 1. Thoracalganglion liegt im Prothorax, das 2. und 3. im Mesothorax. Das 1. Abdominalganglion ist in den Metathorax verlagert. Aber trotz der Verlagerung behält jedes Ganglion das eigentlich ihm zukommende Innervationsgebiet bei. Die folgenden Abdominalganglien bieten nichts Besonderes bis auf das 7. und 8., die verschmolzen sind (Fig. F). Außerdem ist noch eine Art sympathisches Nervensystem vorhanden, das vom Frontalganglion ausgeht, einem Zentrum weit vorn im Kopfe, welches durch 2 vom Cerebrum ausgehende Stränge gebildet wird. Sein Innervationsgebiet ist vor allem der Magen.

Vom Circulationssystem möchte ich nur kurz das Herz erwähnen. Es besitzt nur eine einzige kontraktile Kammer im 11. Segment. Diese weist 2 Paar Ostien auf, 1 Paar am analen, ein 2. Paar am cranialen Teil der Kammer. An diese Kammer schließt sich die ungliederte Aorta an, in der sich unmittelbar vor dem Herzen,

also kopfwärts, 1 Paar zipfelförmiger Klappen befinden. Sie behält ihre Richtung bis zum 3. Thoracalsegment bei, wo sie ventralwärts abbiegt bis zum Proventrikel. Von hier läuft sie dem Ösophagus parallel und tritt mit ihm durch die Schlundcommissur, um im Kopf mit einer trompetenrohrähnlichen Verbreiterung zu enden. Flügelmuskeln sind im Abdomen 6 Paar vorhanden. Sie bieten etwa das Bild, wie bei BERLESE in fig. 952 dargestellt, nur daß die eingezeichneten Tracheen fehlen. Ebenso sind die Pericardialzellen gelagert. Nähere Angaben sowie Figuren darüber finden sich bei JAWOROWSKI.

Die Genitaldrüse liegt im letzten Drittel des 6. Abdominalsegments als noch undifferenziertes ovales Gebilde. Die Anlagen des ausführenden Geschlechtsapparats entwickeln sich im 8. und 9. Abdominalsegment.

Damit haben wir das nötige Material zusammen, um im folgenden in die biologischen und physiologischen Untersuchungen eintreten zu können.

V. Biologie.

a) Lebensweise und Vorkommen der erwachsenen Larve.

Die Larve von *Chironomus gregarius* gehört zu den typischen Vertretern der Sapropel-Fauna. Mit ihr zusammen findet man stets *Tubifex* und *Carchesium lachmanni*, die ebenfalls in organisch stark verschmutzten Gewässern noch lebensfähig sind. Die Larve nährt sich in erster Linie von faulenden Pflanzenteilen. So findet man bei der mikroskopischen Untersuchung des Darminhaltes eine schwärzliche Masse von Diatomeen, Infusorien und Sandkörnern neben pflanzlichen Bruchstücken.

Am Grunde der Gewässer baut die Larve meist aus Schlammteilchen zylindrische Röhren. Als Bindemittel dient ihr das Secret der Speicheldrüsen, das bei der Berührung mit Wasser schnell gerinnt und deshalb beim Aufschluß der stets mit Wasser gemischten Nahrung kaum eine große Rolle spielen dürfte. Den Bau der Gehäuse führt die Larve mit Hilfe der Mundteile und der Haftfüßchen aus, die übrigens auch eine Saugwirkung entfalten können, da es der Larve möglich ist, an senkrechten Glaswänden zu klettern.

Eine sorgfältige Auswahl der Baustoffe zur Röhre trifft die

Larve nicht. Am liebsten verarbeitet sie Schlamm, wie er sich aus langsam fließenden Gewässern ablagert. Entzieht man ihr diesen, so baut sie eben so kunstgerecht aus Sandkörnchen. Aber auch Blattstücke genügen ihr, in die sie sich freilich nur lose vergräbt. Selbst als ich den Larven einst zerkleinerte Steinpilze vorsetzte, wurden auch diese ganz sachgemäß verbaut. Die Röhren selbst sind sehr zähe und nachgiebig, daher setzen sie einer Zerreißung großen Widerstand entgegen, so daß man selbst mit Nadeln die größte Mühe hat, das Gehäuse aufzupräparieren. Nur nebenbei möchte ich darauf hinweisen, daß es auch Chironomiden gibt, die in Wasserpflanzen minieren, um auf diese Weise erstens Schutz und zweitens möglichst günstige Atembedingungen zu finden, da sie sich aller Wahrscheinlichkeit nach den Assimilationssauerstoff zunutze machen. Alle näheren Angaben über das Verhalten der verschiedenen Chironomiden-Arten findet man bei THIENEMANN und LAUTERBORN.

Auf der Oberfläche des Schlammes eines von *Chironomus gregarius* bewohnten Gewässers bemerkt man in großer Anzahl kleine, vulkanartige Kegel. Je 2 dieser Kegel sind durch eine flach U-förmige Röhre verbunden und stellen also Anfang und Ende derselben dar. Durch die Erhebung der Röhrenenden über die Schlammoberfläche erhält die Larve in dem Gehäuse stets frisches Wasser. Anfang und Ende der Röhre ist vollständig gleichgestaltet. Die Larve hat die Möglichkeit, sich in der Röhre herumzudrehen, und kann beide Enden als Ausgang benutzen.

Tagsüber liegt die Larve in schlängelnder Bewegung im Rohr und pumpt dadurch einen dauernden Strom frisches Wasser durch das Gehäuse. Unter gewissen Bedingungen steckt das Tier das Hinterende des Körpers aus der Röhre und schlägt damit heftig auf und ab. Auf diese Erscheinung komme ich im Abschnitt D 5 a nochmals zurück. Ebendort (D 5 b) wird die Tatsache der nächtlichen Wanderungen der Larven ihre Erklärung finden. Diese Wanderungen finden besonders in dunklen Nächten statt, in denen die Larven in großer Anzahl ihre Röhren verlassen und unter Ausführung kräftiger, S-förmiger Bewegungen frei umherschwimmen. Der Grund dafür, daß diese Wanderungen nur nachts stattfinden, wird darin zu suchen sein, daß die Larven im Dunkeln sehr gut gegen ihre Feinde geschützt sind. Bei jedem Fange kann man sich davon überzeugen, daß es sehr schwer ist, die Larven trotz ihrer roten Farbe auf einem schwarzen Schlammuntergrunde zu sehen, während sie auf hellem Grunde oder im sonnenbeschiedenen Wasser

sehr stark auffallen. Sind die Nächte dunkel, so ist im Wasser das schwarze Medium gegeben, von dem sich die Tiere nicht abheben, also auch von ihren Feinden nicht gesehen werden können. Diese Auffassung wird noch dadurch gestützt, daß die Wanderungen in mond hellen Nächten unterbleiben, in denen noch genügend Licht in das Wasser eindringt.

Der von GRIMM mitgeteilte, bis jetzt vereinzelt gebliebene Fall von Pädogenese einer Puppe von *Chironomus* ist von vielen Forschern sehr mißtrauisch aufgenommen und von ZEBROWSKA beiläufig, doch ohne Resultat, nachgeprüft worden. Auch Parthenogenese kommt wohl nicht vor, denn bei meinen Untersuchungen ist es nie geglückt, die von isolierten Weibchen abgelegten Eier zur Entwicklung zu bringen.

Die Chironomiden sind überall verbreitet, im Süßwasser, Brach- und Salzwasser. Man findet sie in Trögen und Regentonnen ebenso wie in Alpenseen. Selbst als Futter im Seeaquarium des Instituts verwendete Larven von Süßwasserformen entwickelten sich und schlüpften aus, was auf die große Widerstandsfähigkeit ihrer Chitincuticula einzelnen Mineralstoffen gegenüber zurückzuführen ist (vgl. darüber Abschnitt VI B).

Als Feinde der Larve sind besonders viele Fische zu nennen, außerdem die Larven von Libellen, Perliden und *Sialis*. Auch im Darm eines Egels fand ich eine unzerkleinerte Larve vor.

Im Haushalte der Natur spielen die *Chironomus*-Larven als Fischfutter eine große Rolle, für viele Fische sind sie während des Winters die einzige Nahrung. Von diesem Standpunkte aus ist es auch für die Teichwirtschaft von Wichtigkeit, möglichst genau über die Lebensbedingungen der Chironomiden unterrichtet zu sein.

b) Eiablage und Embryonalentwicklung.

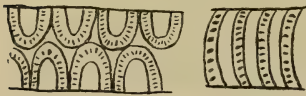
In diesem Abschnitt kann ich mich wieder kurz fassen, da alles Wissenswerte schon ziemlich genau untersucht und beschrieben ist.

Über das Schwärmen der Chironomiden findet man bei WESENBERG-LUND eine Angabe. Er hat beobachtet, daß die Mückenschwärme über Teichen und Bächen nur aus männlichen Tieren bestehen. Die Weibchen sitzen im Grase, und nur von Zeit zu Zeit fliegt ein weibliches Tier mitten hinein in den Schwarm, wo die Copulation stattfindet. Unmittelbar nach der Befruchtung strebt das Weibchen einem am Wasser gelegenen Laichplatz zu, um die

Eier abzulegen und bald darauf zugrunde zu gehen. Zu einer zweiten Ablage ist *Chironomus* nicht befähigt.

Auch die Eiablage ist sehr genau von MIALL u. HAMMOND, HASPER und THUMM beschrieben. Das Laichgeschäft wird meist nachts zwischen 12 und 2 Uhr erledigt. Das befruchtete Weibchen sucht sich meist am Ufer des Gewässers eine geschützte Stelle aus, die so beschaffen sein muß, daß das Tierchen von über die Wasseroberfläche hervorragenden Gegenständen aus leicht zu dieser hinabgelangen kann. Dann setzt sich das Weibchen so, daß es mit seinem Abdomen eben den Wasserspiegel berührt. Es erfolgt nun die Ablage des Eierpakets, welches zuletzt an dem bis zur Spitze ziehenden komplizierten Achsenfaden angeheftet wird. Innerhalb der nächsten Viertelstunde beginnt die Gallertmasse zu quellen, und das Gelege bekommt seine definitive Gestalt, die an einen leicht gekrümmten Zylinder erinnert.

Fig. D.



A

B

Stücke aus Laichschnüren von *Chironomus gregarius*.
Nach JOHANNSEN.

A Stelle, an der die rückläufigen Bewegungen beginnen.

B Die diametral entgegengesetzte Seite der Laichschnur.

Der Gallertzylinder enthält die Eier in rückläufigen Spiralen angeordnet (Fig. D). In einer solchen Schnur finden sich zwischen 600 und 1200 einzelne stark bräunlich gefärbte Eier. Die Länge des Gelegs schwankt von 0,5—1,5 cm.

Als Dauer der Embryonalentwicklung fand ich in Übereinstimmung mit WEISMANN, RITTER, MIALL u. HAMMOND und HASPER durchschnittlich 5—6 Tage. Während der wärmsten Monate konnte sie aber auch bis auf 3 Tage abgekürzt werden. HASPER's Arbeit behandelt im wesentlichen die Herkunft der Geschlechtszellen, doch kann ich mich hierauf nicht näher einlassen. Da es für die späteren Untersuchungen wichtig war, das Alter und die Entwicklungszustände der Eier zu kennen, möchte ich ganz kurz noch einige Anhaltspunkte hierzu geben; alles Nähere findet man bei MIALL u. HAMMOND.

Während des 1. Tages wird das Blastodermstadium durchlaufen und der Keimstreifen ausgebildet.

Am 2. Tage beginnt die Segmentierung des Keimstreifens, die Bildung der Anlagen der Scheinfüßchen, der Mundlappen und des Nervensystems.

Am 3. Tage nehmen die Mundteile die definitive Gestalt an, das Labium bildet sich aus der Vereinigung der beiden zweiten Maxillenanlagen.

Am 4. Tage schließt sich der Mitteldarm, die Extremitäten werden vollständig ausgebildet, und die Augenflecke erscheinen.

Der 5. Tag gibt der Larve die definitive Gestalt. Da sie länger als die große Eiachse ist, liegt sie stark zusammengerollt.

Am 6. Tage treten die Bewegungen des Embryos auf, der das schützende Ei bald verläßt. Zu bemerken ist höchstens noch, daß der Embryo während seiner Entwicklung zwei Rotationen um seine Längsachse beschreibt.

c) Die postembryonale oder larvale Entwicklung bis zur Puppe.

So reichhaltig unsere Kenntnisse der Embryonalentwicklung von *Chironomus* auch sind, so wenig wissen wir von der larvalen oder postembryonalen. Mit Recht sagt MIALL: „Die junge Larve wächst unter verschiedenen Häutungen heran, aber es ist nicht viel davon zu sehen.“ Das hat seinen Grund darin, daß die Larve kurz nach dem Ausschlüpfen zum Röhrenbau übergeht und sich so der Beobachtung entzieht.

Für meine weiteren Untersuchungen war es von Wichtigkeit, jederzeit das Alter einer Larve mit Sicherheit bestimmen zu können. Als zuverlässigstes Kriterium des Alters ergibt sich von selbst die Anzahl der Häutungen, die eine Larve bereits durchgemacht hat und so lautete meine Aufgabe zunächst: Bestimmung der Anzahl der Larvenhäutungen unter gleichzeitiger Beobachtung der Veränderungen, die mit je einer Larvenhäutung verbunden sind.

Damit trat die Forderung an mich heran, mir in genügender Menge Laich zu verschaffen, um ihn im Institut ausschlüpfen zu lassen. Ich verfuhr dabei so, daß ich einige genau bestimmte Larven im Institut in einem Zuchtglase mit Gazeaufsatz zum Ausschlüpfen brachte, wie unter dem Abschnitt II. Material und Technik beschrieben. HASPER behauptet, im Institut keine Ablage von Eischnüren erhalten zu haben, doch glückte es mir unter der angegebenen Versuchsanordnung erfolgreicher zu arbeiten. Die erhaltenen Laichschnüre studierte ich sehr genau, bis ich mir zutrauen konnte, sie auch im Freien aus all den anderen Nematocerengelegen herausfinden zu können. Auf diese Weise konnte ich Material ver-

arbeiten, das unter ganz natürlichen Bedingungen zur Ablage gekommen war.

Das so gesammelte Material wurde im Institut in flachen Glasgefäßen angesetzt und das Ausschlüpfen abgewartet, welches auch in fast allen Fällen eintrat. Wenn der Embryo seine Entwicklung beendet hat, bricht die Eischale stets an der konkaven Seite und zwar am Kopfende auf. Der Riß erstreckt sich auf etwa ein Viertel der ganzen Eischale, so daß er hinreichend groß ist, um das Tier mit seinem unverhältnismäßig dicken Kopf hindurchzulassen. Die Larve von *Chironomus* schlüpft mit dem Kopf zuerst durch den Spalt in der Eischale, was ich im Gegensatz zu *Corethra* betonen möchte, die das Ei mit dem Schwanz zuerst verläßt und den Kopf nicht ohne Mühe nachzieht (vgl. v. FRANKENBERG). Die jungen Larven geraten nun in die gallertige Grundmasse des Geleges, in der sie lebhaft schlängelnde Bewegungen machen, bis sie den Rand der Gallerte erreichen und sofort frei im Wasser umherschwimmen. Die von der Mücke zuerst abgelegten Eier, also die der Anheftungsstelle des Geleges gegenüberliegenden, schlüpfen zuerst aus. Innerhalb einiger Stunden ist das ganze Gelege leer, und man sieht nur noch die zerrissenen Eischalen in ihrer Grundmasse liegen. Eine solche Schale füge ich als Fig. E bei.

Betrachten wir uns die junge Larve etwas genauer, so fällt am meisten an, daß sie noch vollständig farblos ist. Der rote Blutfarbstoff ist also noch nicht gebildet. Auch ein luftgefülltes Tracheensystem besitzt die eben ausgeschlüpfte Larve noch nicht. In der äußeren Form zeigen sich beträchtliche Unterschiede der erwachsenen Larve gegenüber. Zunächst ist die Larve selbstverständlich viel kleiner, sie mißt in ihrer Längsrichtung nur 0,7 mm. Eine solche Larve stellt Fig. F dar. Wie man sieht, besteht sie schon aus der vollen Anzahl von 12 Segmenten und dem Kopfe. Die Analanhänge sind schon in normaler Ausbildung vorhanden, doch fehlen die Tubuli. Bei Betrachtung der Mundteile zeigt sich, daß sie zwar in ihren Grundzügen vorhanden, aber noch nicht voll ausgebildet sind (vgl. Fig. G). Das Labrum (*Lbr*) ist nur mit den 2 medial gestellten, langen Borsten versehen, während die später auftretenden etwas lateral von diesen gelegenen 3 Paare nur als kleine Chitinhöcker angedeutet sind. Am Hufeisen des Epipharynx fehlt jede Bezeichnung sowie die von ihm cranialwärts gelegene Zahnleiste. Die Seitenarme (*S*) des Epipharynx sind noch ohne Borstenbesatz, ebenso fehlen die 6 kammförmigen Chitinhaken in den Ecken des Hufeisens

(H). An den schon mit 4 Zähnen versehenen Mandibeln (*Md*) fehlen die grundständigen, fein aufgefaserten Chitingebilde. Die kegelförmigen Fortsätze auf den ersten Maxillen (*Mx*) sind noch ganz klein und rudimentär, doch sind schon Chitinzähnnchen auf ihrer Oberfläche ausgebildet. Am Labium (*L*) fehlen noch die seitlichen fächerförmigen Gebilde, während die Zähne schon in typischer Ausbildung und Anordnung vorhanden sind. Auch die Augen (*Au*₁, *Au*₂) sind schon im definitiven Zustande vorhanden.



Fig. E.

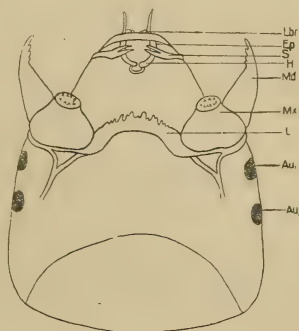


Fig. G.

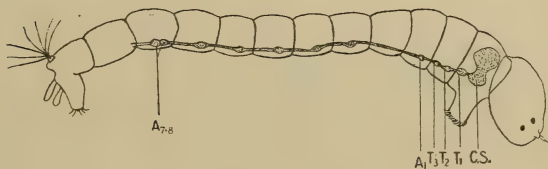


Fig. F.

Fig. E. Leere Eihülle von *Chironomus gregarius*. O Öffnung, durch welche die Larve das Ei verlassen hat.

Fig. F. *Chironomus gregarius* kurze Zeit nach dem Schlüpfen. 360:1. C. S Cerebral- und Subösoophagealganglion. T₁, T₂, T₃ 1., 2., 3. Thoracalganglion. A₁ 1., A₇₊₈ 7. u. 8. Abdominalganglion.

Fig. G. Mundteile von *Chironomus gregarius* vor der 1. Häutung. 920:1. Au₁ u. Au₂ 1. u. 2. Augenpaar. Ep Epipharynx. H hufeisenförmiges Stück des Epipharynx. L Labium. Lbr Labrum. Md Mandibel. Mx Maxille. S Seitenarme des Epipharynx.

Die Anatomie deckt sich im wesentlichen mit der der erwachsenen Larve, nur fehlen noch alle Imaginalscheiben, mit Ausnahme der Genitalanlagen, die als undifferenzierter Zellenkomplex vorhanden sind. Vom Nervensystem behaupten MIALL u. HAMMOND, daß es bei der eben geschlüpften Larve noch primitiv und normal gelagert sei. Es solle erst gradweise in der Zeit bis zur ersten Häutung

seine definitive Lage einnehmen. Demgegenüber muß ich behaupten, daß das Nervensystem von eben geschlüpften Larven der von mir bearbeiteten Art schon vollständig in definitiver Gestalt vorliegt, wie Fig. F zeigt. Die dargestellte Larve ist etwa 12 Stunden alt, hatte aber diese Organisation des Nervensystems schon beim Ausschlüpfen. Im Innern der Larve finden sich oft dunkelbraune Fettkugeln, die noch vom Nahrungsdotter des Eies herkommen, mit dem sie in der Farbe vollständig übereinstimmen.

Auf diesem Stadium ähnelt die Larve sehr der von *Tanytus*, so daß man sie leicht verwechseln kann. Deshalb möchte ich nur ganz kurz einige Unterscheidungsmerkmale angeben, die es sofort ermöglichen, die später nicht mehr zu verwechselnden Larven zu erkennen. Neben der etwas anders beschaffenen Bezeichnung der Unterlippe hat *Tanytus* von Anfang an retractile Antennen, Cerebral- und Subösophagealganglion liegen stets in der Kopfkapsel. Außerdem sind die Scheinfüßchen etwas schlanker und die ebenfalls vorhandenen Analanhänge ziemlich spitz. Sie erinnern in ihren Umrissen an ein sphärisches spitzes Dreieck, dessen Spitze vom Körper weg-gewendet ist.

Nun bemühte ich mich, die jungen eben geschlüpften Chironomiden-Larven weiterzuzüchten. Ich versuchte zunächst nach dem Grundsatz zu verfahren, ein Tier in seiner Entwicklung zu verfolgen. Zu diesem Zwecke isolierte ich eine große Anzahl dieser jungen Tiere. Sie wurden in flache, mit bodenständigem Schlamm beschickte Gefäße gebracht, an denen der Tag des Ausschlüpfens vermerkt war. Doch schon in den ersten Lebenstagen begannen sie mit den typischen Röhrenbauten und entzogen sich so der Beobachtung. Die Auffindung eines Tieres machte dann selbst im kleinsten Gefäß ungeheure Schwierigkeiten, und gar eine abgeworfene Haut zu entdecken, war ganz unmöglich. Außerdem ging es beim Heraustreiben der Larven aus den Röhren ganz selten ohne dauernde Schädigung der Tiere ab, denn sie starben in den günstigsten Fällen nach einer Woche, ohne sich gehäutet zu haben. Deshalb versuchte ich, die Tiere ohne Nahrung anzusetzen, in der Hoffnung, daß sie ihre erste Häutung noch vor dem Verhungern durchmachen würden. Aber auch dieser Weg führte nicht zum Ziele. Regelmäßig am 4. Tage, selbst bei guter Durchlüftung des Wassers, starben die Tiere ab, ohne sich gehäutet zu haben. Daraus konnte ich schließen, daß die noch vom Ei übernommenen Vorratsstoffe mehrere Tage ausreichen, was biologisch immerhin von Wert ist, denn es ermög-

licht den Larven, vor dem Festsetzen erst günstige Futterplätze ausfindig zu machen.

Ebensowenig kam ich zum Ziele, wenn ich die Tiere mit ganz geringen Nahrungsmengen ansetzte oder an Algennahrung zu gewöhnen suchte. In beiden Fällen bauten sie zwar Röhren, soweit das Material reichte, fraßen aber nicht und starben regelmäßig am 4. Tage nach dem Schlüpfen.

Nach diesen Mißerfolgen gab ich den Gedanken auf, mit der auf Einzelbeobachtungen gegründeten Methode etwas zu erreichen. Mit mehr Glück wendete ich die Massenbeobachtungen an. Es wurde in etwas größeren Gefäßen je ein Gelege großgezogen, im übrigen aber wie die Gefäße mit den Einzeltieren behandelt. So behielt ich noch genug Material übrig, selbst wenn ich bei jeder Beobachtung oder Messung ein Tier opfern mußte. Aus der Beobachtung dieser ganzen gleichalterigen Zucht ergaben sich dann die jetzt zu besprechende Tatsachen.

Verfolgen wir die junge geschlüpfte Larve weiter, so fällt auf, daß sie sehr bald dazu übergeht Schlammröhren zu bauen. Meistens sind am 2. Tag die bis dahin frei umherschwimmenden Larven verschwunden, und man sieht den Gefäßboden mit lauter 1—2 mm langen Röhren bedeckt, die schon vollständig denen der erwachsenen Larve gleichen.

Das Tier wächst unter kontinuierlicher Streckung heran, bis es eine Größe von durchschnittlich 1,5 mm erreicht hat, ohne daß in dieser Zeit etwas Auffälliges geschieht. Bei der Beobachtung am nächsten Tag wird man finden, daß plötzlich der größte Teil der Tiere mit Tubuli versehen ist (vgl. Fig. H). Das Tier wächst aber hier, wie bei allen folgenden Häutungen, kontinuierlich, also nicht sprunghaft, weiter und hat etwa eine durchschnittliche Länge von 1,6 mm erreicht. Gleichzeitig haben die Mundteile ihre definitive Form und Bewaffnung erhalten. In dieser Beziehung verhält sich *Chironomus* ganz ähnlich wie *Corethra*, bei der auch die endgültige Ausbildung der Mundteile bei der ersten Häutung erfolgt (vgl. v. FRANKENBERG). Alles dies ist natürlich Beweis genug, daß hier die erste Häutung stattgefunden hat. Die Larve ist nach dieser ersten Häutung noch immer farblos und besitzt auch kein gefülltes Tracheensystem.

Damit haben wir schon eine ganze Anzahl Anhaltspunkte für die weitere Beobachtung gewonnen, die nur zweckentsprechend verwertet sein wollen. Zunächst ist das sprunghafte Auftreten der

Tubuli höchst merkwürdig, und es liegt der Schluß nahe, daß während ihrer weiteren Entwicklung neben dem normalen noch sprungweises Wachstum auftritt. Sobald sich ein solcher Sprung im Wachstum zeigte, müßte eine Häutung angenommen werden. Gleichzeitig könnten die Analanhänge auf sprungweises Wachstum untersucht werden. Ein weiterer Stützpunkt für eine erledigte Häutung würde darin gegeben sein, daß die Larve kurz vor der ersten Häutung etwa das doppelte Längenmaß hatte wie beim Ausschlüpfen. Ein Wachstum der Larve kann aber nur durch Dehnung der Intersegmentalfalten zustandekommen, wenn man von einer Häutung absieht, denn der Chitinpanzer ist als starres Gebilde anzusprechen. Die Dehnbarkeit der Intersegmentalfalten ließe aber eine Verlängerung des Tieres um das Doppelte zu, wie wir oben gesehen haben. Mithin wäre die zweite Häutung des Tieres bei einer Körperlänge von etwa 3,0—3,2 mm zu erwarten. Außerdem kommt uns noch die Art der Anlage des neuen Chitinhakenkranzes an den hinteren Haftfüßchen zustatten. Die neuen Haken entstehen seitlich unter den alten im Haftfüßchen und sind ziemlich gut sichtbar. Treten nun noch diese Neubildungen auf, so ist eine bevorstehende Häutung einwandfrei bewiesen.

Alle diese Vermutungen wurden annähernd durch die Beobachtung bestätigt. Erreichten die Tiere eine Größe von 3,5 mm, so zeigte sich bei den meisten die Neuanlage des oben erwähnten Hakenkranzes. War die Häutung vorüber, hatten auch die Tubuli etwa die doppelte Größe erreicht (vgl. Fig. J). Eine geringe, sprunghafte Zunahme konnte auch an den Analanhängen festgestellt werden. Einige Zahlenangaben über den durch Sprung erfolgten Zuwachs möchte ich erst nach Besprechung des 3. Häutungsstadiums im Zusammenhang geben. Aus all diesen Ausführungen geht hervor, daß die 2. Häutung also bei einer Körperlänge von etwa 3,6 mm zu suchen ist. Gleichzeitig mit der Häutung erfolgt die Füllung des Tracheensystems an der Grenze des 1. und 2. Thoracalsegments. Auch eine ganz schwache, kaum wahrnehmbare Rötung der Tiere kann etwa von der Mitte des 1. Häutungsstadiums an festgestellt werden, die an Intensität gegen Ende, also bis zur 2. Häutung, etwas zunimmt.

Aus den gleichen Überlegungen heraus, wie sie vor der 2. Häutung angestellt wurden, ist die 3. etwa bei einer Körperlänge von 6,5—7,0 mm zu erwarten. Tatsächlich trat sie auch bei einer Länge von 6,6 mm auf. Dabei erfolgte wieder ein sprung-

weises Wachstum der Tubuli; der dadurch erreichte Längenzuwachs war nicht ganz gleich dem durch kontinuierliches Wachstum erzielten (vgl. auch Fig. 10). Die sprunghafte Längenzunahme der Tubuli wird kurz vor der Häutung vorbereitet. Es löst sich dann die der Cuticula bis dahin fest anliegende Hypodermis ab und erfährt durch plötzlich schnelles Wachstum eine starke Oberflächenvergrößerung, die sich in starker Faltenbildung innerhalb der ungefalteten alten Cuticula ausdrückt.

Während der ersten Tage des 3. Häutungsstadiums findet auch die Füllung des Tracheensystems an der Grenze des 2. und 3. Segments statt. Damit wird die von SCHNEIDER, MEINERT und MIALL u. HAMMOND beschriebene Ausbildung des Tracheensystems erreicht. Ihre Darstellung bezieht sich also auf die Larven des 3. Häutungsstadiums.

Die Ausbildung der Hauptmenge des Blutfarbstoffes vollzieht sich auf dem dritten Häutungsstadium, und die Larven bekommen jetzt ihre bekannte satte Rotfärbung. Wie wir noch sehen werden, kommt dem Farbstoff eine wichtige Rolle bei der Ernährung der Gewebe zu, die während dieses Häutungsstadiums besonders reichlich stattfinden muß, da sich in seinem Verlaufe alle Imaginalscheiben ausbilden, deren Entwicklung bei MIALL u. HAMMOND sehr genau beschrieben ist.

In vielen Fällen, doch nicht immer, kann man an den Tubuli Einschnürungen beobachten. Diese treten stets dort auf, wo der schon vor der Häutung vorhandene Teil eines Tubulus an den bei der nächsten Häutung neu gebildeten stößt. Die Anzahl dieser Einschnürungen ist auch zur Altersbestimmung dieser Larve zu verwenden. Es hat sich ein Tier

ohne Einschnürung der Tubuli	1mal gehäutet,
mit 1 " " " "	2mal "
mit 2 Einschnürungen der Tubuli	3mal gehäutet.

Doch ist diese Bestimmung nicht ganz zuverlässig, da die Einschnürungen oft undeutlich sind oder ganz fehlen können. Am deutlichsten sind sie meist unmittelbar nach einer Häutung (vgl. dazu auch Fig. J, K, O, P *T. v.*, *T. h.*).

Anhangsweise möchte ich noch einige zahlenmäßige Mitteilungen machen.

Die Dauer der Entwicklung ist natürlich sehr stark von der Temperatur und der Ernährung der Tiere abhängig. Die folgenden

Zahlen stellen deshalb auch nur mittlere Werte dar, die etwa für 15—18° C und reichliche Ernährung gelten. Es verflossen:

- | | |
|--|----------|
| 1. von der Eiablage bis zum Schlüpfen | 4 Tage |
| 2. vom Schlüpfen bis zur 1. Häutung | 11 „ |
| 3. von der 1. bis zur 2. Häutung | 11 „ |
| 4. von der 2. bis zur 3. Häutung | 14 „ |
| 5. von der 3. Häutung bis zur Verpuppung | ca. 14 „ |

Die zwischen den Häutungen liegenden Zeiten entsprechen mit verhältnismäßig geringen Abweichungen denen recht gut, die v. FRANKENBERG für *Corethra* gefunden hat. Auch *Corethra* macht 3 larvale Häutungen und eine 4. bei der Verpuppung durch.

Ferner folgen noch einige Zahlen über das Wachstum der Tubuli, die ich der Übersicht halber tabellarisch zusammengestellt habe. Die mitgeteilten Werte sind das Mittel von etwa 100 Messungen, die unter sich verhältnismäßig gut übereinstimmten, ja, die Zahlen wurden meist bis auf Zehntelmillimeter genau eingehalten. Aus den Tabellen ersieht man, daß durch das sprungweise Wachstum der Tubuli fast die gleiche Oberflächenvergrößerung erzielt wird wie durch das kontinuierliche.

I. Analanhänge.

Maße der Analanhänge

nach Schlüpfen	34 μ	vor der 1. Häutung	51 μ
nach der 1. Häutung	68 μ	vor der 2. Häutung	119 μ
nach der 2. Häutung	170 μ	vor der 3. Häutung	255 μ
nach der 3. Häutung	300 μ	vor der Verpuppung	370 μ

Wachstum zwischen den Häutungen

Sprung bei der

Zunahme durch Sprung

17 μ	1. Häutung von	51 μ auf	68 μ	17 μ
51 μ	2. „	119 μ „	170 μ	51 μ
85 μ	3. „	255 μ „	300 μ	45 μ
70 μ	—	—	—	—

II. Tubuli.

Maße der Tubuli

nach dem Schlüpfen		vor der 1. Häutung	
nach der 1. Häutung	78 μ	vor der 2. „	170 μ
nach der 2. „	350 μ	vor der 3. „	600 μ
nach der 3. „	800 μ	vor der Verpuppung	1200 μ

Wachstum zwischen den Häutungen	Sprung bei der		Zunahme durch Sprung
—	1. Häutung von	0 μ auf 78 μ	78 μ
92 μ	2. „ „	170 μ „ 350 μ	180 μ
250 μ	3. „ „	600 μ „ 800 μ	200 μ
400 μ	—	—	—

Um den Zuwachs der Tubuli auch figurenmäßig zu veranschaulichen, füge ich Abbildung H, J, K bei, die alle bei gleicher, etwa 30facher Vergrößerung gezeichnet sind.

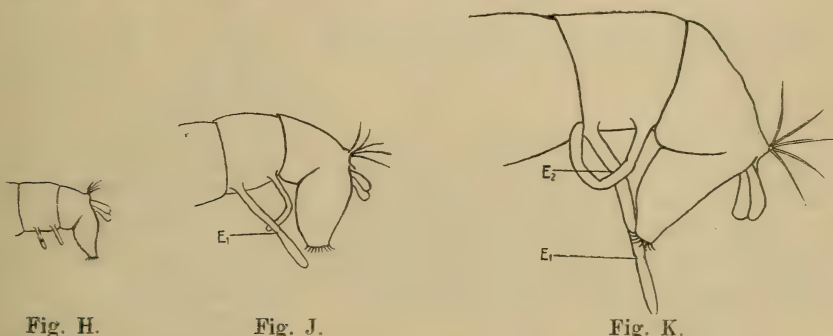


Fig. H.

Fig. J.

Fig. K.

Fig. H. Hinterende von *Chironomus gregarius*. Tubuli nach der 1. Häutung 30:1.

Fig. J. Dsgl. Tubuli nach der 2. Häutung. 30:1.

Fig. K. Dsgl. Tubuli nach der 3. Häutung. 30:1. E_1 , E_2 1., 2. Einschnürung.

Zum Schluß lasse ich noch eine kurze Bestimmungstabelle des Alters der Larven folgen, die auf Grund der bisher gewonnenen Resultate zusammengestellt ist.

Tier ohne Tubuli,	farblos, ohne Tracheen	Größe 0,7—1,5 mm vor der 1. Häutung
Tier mit Tubuli,	farblos, bis ganz schwach rötlich, ohne Tracheen	Größe 1,6—3,5 mm vor der 2. Häutung
Tier mit Tubuli,	rötlich bis rot, mit Tracheen an der Grenze des 1. und 2. Segments	Größe 3,6—6,5 mm vor der 3. Häutung
Tier mit Tubuli,	rötlich bis dunkelrot, mit Tracheen auch an der Grenze des 2. und 3. Segments	Größe 6,6—15 mm vor der Verpuppung

In der weitgehenden Vorbildung der Imaginalorgane in der Larve liegt auch die kurze Dauer des Puppenstadiums begründet. Dieses wird innerhalb 24 Stunden durchlaufen. Die Larve verpuppt sich im Rohr und steigt dann zur Oberfläche empor, wo innerhalb weniger Sekunden das fertige Insect ausschlüpft.

d) Vergleichung der experimentellen Ergebnisse
mit den Befunden im Freien.

Datum des Fanges	Wassertemperatur	Ergebnis des Fanges
18. April	+ 7,5° C	Nahe der Verpuppung
22. „	—	Viele Puppen
7. Mai	—	Fast keine Larven und Puppen, alles geschlüpft
10. Juni	+ 15° C	Viele Laichschnüre
26. „	+ 18,1° C	Viele junge Tiere, ganz wenig Laich
6. August	—	Zahlreiche Eischnüre
13. „	—	Eischnüre, 2. Häutungs- stadium
25. „	—	Viel Eier, auch 2. Häu- tungsstadium
31. Oktober	+ 3,75° C	Nur 3. Häutungsstadium

Aus den Versuchen im Laboratorium ergab sich eine etwa 6wöchentliche Entwicklungszeit von *Chironomus gregarius*, die sich in der Natur durch eine Periodizität im zahlenmäßigen Auftreten von Larven, Puppen und Eischnüren äußern mußte. Um dieser Frage weiter nachgehen zu können, habe ich vorstehend erst einige Notizen über die Fangergebnisse gegeben, die ich im Sommer 1915 aufzeichnete.

Aus dieser kurzen Übersicht geht hervor, daß in der Zeit von Ende April bis Ende August 4 (vielleicht 5) Generationen auftreten, die sich etwa wie folgt verteilen:

I. Generation	aus Winter- larven	fliegt Anfang Mai	Eiablage 1. Maiwoche, daraus
II.	„	fliegt Mitte Juni	Eiablage Ende der 2. und Anfang der 3. Juniwoche. daraus
III.	„	fliegt in der 1. Augustwoche	Eiablage 2. und 3. Augustwoche, daraus
IV.	„	die Winter- larven bildet,	

denn die von mir am 25. August gefangenen Laichschnüre und Larven entwickelten sich nur bis zum 3. Häutungsstadium. Die Schnelligkeit der Entwicklung hängt selbstverständlich in erster Linie vom Temperaturkoeffizienten ab, aber wie man sieht, drückt sich in obiger Übersicht die 6wöchentliche Entwicklungsperiode ziemlich deutlich aus.

Die lange Laichperiode im August ist aber sehr auffällig, und es ist immerhin möglich, daß noch eine weitere Generation zwischen der 3. und 4. auftritt, besonders da der Temperaturkoeffizient in dieser Zeit wohl seine größte Wirkung entfalten dürfte. Da aber eine Erhöhung der Temperatur um 10° die Entwicklungszeit auf die Hälfte abkürzen würde, ist das Auftreten einer weiteren Generation in den Augusttagen recht wohl möglich, besonders wenn man die in der ersten Übersicht angeführte Temperaturerhöhung des Wassers berücksichtigt. Um dies entscheiden zu können, müßten natürlich sehr genaue Beobachtungen angestellt werden, die sich über mehrere Jahre erstrecken. Außerdem erscheint es ja auch gar nicht ausgeschlossen, daß die Anzahl der Generationen innerhalb einer Entwicklungsperiode schwankt, je nach den Witterungs- und Temperaturverhältnissen. Parallelfälle zu dieser Erscheinung sind von den Lepidopteren bekannt.

Daß die Larven in kälteren Monaten nicht mehr zur Verpuppung schreiten, ist wohl auch eine Wirkung der Temperatur. Wie aus der Tabelle über Fangdaten und -ergebnisse zu ersehen ist, genügt die immerhin niedrige Wassertemperatur von +7,5° C bereits, den Prozeß der Verpuppung einzuleiten, während die im Oktober ge-

gemessene Temperatur von $+3,75^{\circ}\text{C}$ sicher unterhalb der Reizschwelle für die Verpuppung liegt, denn es wurden hier zwar Larven auf dem 3. Häutungsstadium gefangen, aber keine einzige Puppe. Andererseits tötet zu starke Insolation die Tiere wegen der damit verbundenen Erwärmung ziemlich rasch.

HASPER teilt mit, daß er bei der als *Chironomus confinis*(?) oder *riparius*(?) bestimmten Art auch im Winter Imagines bekommen habe, die im Zimmer ausschlüpfen. Dies wäre nur eine Bestätigung für den überwiegenden Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung. Mir aber ist es trotz aller Bemühungen nicht geglückt, von *Chironomus gregarius* Imagines im Winter zu erhalten, selbst nicht unter den günstigsten Nahrungs- und Temperaturverhältnissen. Ich kann mir diese Tatsache nur so einigermaßen erklären, daß der Organismus an den durch viele Generationen geübten Gewohnheiten mit einer gewissen Trägheit festhält. So unterbleibt auch das Ausschlüpfen der Imagines unter besten Bedingungen zu einer Zeit, wo im Freien keine Imagines auftreten. Parallelfälle hierzu sind von Lepidopteren bekannt.

VI. Physiologie.

A. Der Phototropismus junger Larven.

Die jungen eben geschlüpfen Larven sind sehr stark positiv phototropisch. Sie reagieren sowohl auf Sonnen- als auch auf künstliches Licht. Die Wirkung des Lichtes auf die Larven ist so stark, daß beim Drehen der Zuchtgläser alle Tiere fast augenblicklich nach der Lichtseite wandern und sich dauernd da aufhalten. Auch folgen sie der Bewegung der Lichtquelle, wie ich es gut beobachten konnte, da meine Zuchtgefäße vom Morgen bis zum Mittag dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, welches ich zur Verhütung zu starker Erwärmung durch Vorhänge dämpfte. Die Larven wanderten stets mit der Sonne, so daß sie morgens am „östlichen“, mittags am „südlichen“ Rand des Gefäßes zu treffen waren. Etwa am 4. Tage nach dem Schlüpfen hörte scheinbar der Phototropismus auf, da sich die Tiere in den Schlamm zurückgezogen hatten und Röhren bauten. Störte man die Larven auf, so zeigte sich jedoch, daß sie trotzdem noch stark positiv phototropisch waren. Die Tendenz, Röhren zu bauen, war also nur stärker als die, sich an die Stellen maximaler Helligkeit zu begeben. Da ich vorderhand keine Erklärung für den

stark ausgeprägten positiven Phototropismus bei Schlammbewohnern finden konnte, beschloß ich, die Erscheinung näher zu untersuchen.

Ich benützte eine etwa 5 cm weite und 60 cm lange Glasröhre, die ich nach der Beschickung mit Tieren durch einen Korkstopfen am einen Ende verschloß. Das andere war nach Art der Reagenzröhren rund zugeschmolzen. In diesem Zustande wurde die Röhre an ein Fenster gelegt und zwar so, daß die Längsachse des Rohres parallel zur Fortpflanzungsrichtung des einfallenden Lichtes war, also senkrecht auf der Fensterscheibe stand. Das zugeschmolzene Ende war dem Lichte zu-, das verkorkte dem Lichte abgewandt. Durch vorsichtiges Schütteln und langsames Hinlegen konnte man die Tiere an das dunkle oder helle Ende des Rohres bringen. Dies geschah nun zuerst mit Stadien, von denen ich annehmen konnte, daß sie dem Lichte gegenüber ein verschiedenes Verhalten zeigen würden, also mit Tieren, die z. B. die 3. Häutung hinter sich hatten, und mit solchen, die eben schlüpften. Durch Verfolgung der phototropischen Vorgänge von diesen beiden Extremen aus mußte ich mich schließlich dem Punkte in der Entwicklung nähern, an dem der positive in den negativen Phototropismus übergeht.

Die schlüpfenden Tiere sammelten sich im Laufe von wenigen Minuten an dem positiven Ende des Rohres an, die vor der Verpuppung stehenden Tiere wanderten stets an das negative. Brachte man diese Tiere an das positive Ende, so hatten sie innerhalb ganz kurzer Zeit die Stellen minimaler Belichtung herausgefunden und sammelten sich hier an. So brauchten z. B. Tiere, die ich 9 h 12' an das positive Ende des Rohres gebracht hatte, nur bis 9 h 19', also 7 Minuten, um die ganze Röhre zu durchschwimmen.

Darauf wurden Stadien kurz vor der 3. und kurz nach der 1. Häutung untersucht. Auch hier zeigte sich das gleiche Verhalten wie bei dem zuerst angegebenen Versuche. Tiere, die kurz vor der 3. Häutung standen, waren negativ, Larven, die eben die 1. Häutung hinter sich hatten, waren positiv phototropisch.

Setzte ich jetzt noch Tiere ein, die auf der Mitte des 2. Häutungsstadiums standen, so erwiesen sie sich als schon negativ phototropisch. Der Umschlag vom positiven zum negativen Phototropismus erfolgt also zwischen Anfang und Mitte des 2. Häutungsstadiums.

Dieser Befund ist insofern interessant, als gewisse Beziehungen zwischen der Ausbildung des Hämoglobins und dem phototropischen Verhalten der Tiere zu bestehen scheinen. Wie wir im Abschnitt V c

gesehen haben, erfolgt nur ganz kurze Zeit vorher, ehe der Umschlag im phototropischen Verhalten eintritt, die erste sichtbare Ausbildung des Blutfarbstoffes. Später werden wir erfahren, daß die jungen, noch nicht geröteten Tiere eine sehr geringe Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung zeigen. Hier greift nun der Phototropismus regulierend ein, der vielleicht ursprünglich nichts weiter ist als die Tendenz, der chemischen Reizung durch freien Sauerstoff zu folgen. Unter natürlichen Bedingungen wird dieses Maximum von freiem Sauerstoff dort zu finden sein, wo infolge maximaler Besonnung eine üppige Vegetation von Wasserpflanzen entwickelt ist. Im Umkreise um diese Stellen üppigster Vegetation wird sich infolge der Assimilation der Pflanzen auch die größte Sauerstoffmenge im Wasser ansammeln, und an diese Stellen maximalen Sauerstoffgehalts zu gelangen, ist für die jungen, gegen Sauerstoffmangel empfindlichen Larven von größter Bedeutung. Die Larven sind infolge der Ausbildung des Blutfarbstoffes gegen Sauerstoffmangel äußerst widerstandsfähig, wie wir später noch sehen werden. Für sie ist es auch nicht von so fundamentaler Bedeutung, im Sauerstoffmaximum zu leben. Somit verliert auch für sie der positive Phototropismus seine Bedeutung, und es ist nicht weiter zu verwundern, daß sie als typische Schlammbewohner in das Gegenteil umschlagen.

B. Widerstandsfähigkeit der Larven gegen chemische Einflüsse, Hunger und mechanische Verletzungen.

Diesen Abschnitt würde ich kaum besonders behandeln, wenn sich nicht bei den angestellten Versuchen immerhin bemerkenswerte Resultate ergeben hätten. Sie erlauben uns, Schlüsse auf die Durchlässigkeit der Cuticula zu ziehen, und sind deshalb für die Aufstellung einer Theorie der Atmung von Wichtigkeit. Es zeigt sich nämlich, daß alle Reagentien, wenn sie überhaupt einen sichtbaren Einfluß auf die Tiere ausübten, zuerst im 11. und 12. Segment ihre Wirkung entfalteten.

Ferner beobachtete ich, daß auch bei toten Tieren zuerst im 11. und 12. Segment eine Wirkung nachzuweisen war. Das Eindringen der Reagentien von den bezeichneten hinteren Segmenten her erfolgte im Vergleich zu dem allseitigen Eindringen unendlich viel rascher. So hatten sich unter dem Einfluß der Reagentien stattfindende Veränderungen bereits von hinten her bis in das letzte

Thoracalsegment fortgesetzt, ohne daß eine gleiche Veränderung von den Seiten der Thoracalsegmente her festgestellt werden konnte. Diese Art der Ausbreitung der Reagentien kann bei lebenden Tieren durch die Strömungsrichtung des Blutes unterstützt werden, die im dorsalen Teile des Tieres mit der Ausbreitungsrichtung der chemisch wirkenden Stoffe zusammenfällt.

Als ganz allgemeingültig möchte ich vorausschicken, daß junge Tiere viel schneller eine Wirkung der angewandten Reagentien erkennen lassen als ältere, was natürlich nur auf der verschiedenen Dicke der Cuticula beruht.

Nach den bisher mitgeteilten Beobachtungen sind hier nur zwei Möglichkeiten vorhanden:

1. Das gesamte Integument der beiden letzten Segmente ist viel durchlässiger als das der übrigen oder

2. an den beiden letzten Segmenten existieren einzelne besonders durchlässige Stellen.

Da sich die diffundierten Stoffe in toten Tieren in gleicher Weise ausbreiten wie in lebenden, kann für die Art der Ausbreitung nur die Beschaffenheit der Cuticula ausschlaggebend sein. Tatsächlich zeigte eine histologische Untersuchung, daß die Cuticula auf den Tubuli und Analanhängen wesentlich dünner ist als an allen anderen Stellen des Körpers, und durch weitere Versuche konnte auch festgestellt werden, daß die diffundierenden Stoffe zuerst in die Tubuli und Analanhänge eindringen. Wir haben uns also für die unter 2. mitgeteilten Ansicht zu entscheiden.

Untersucht wurde der Einfluß

1. von Kalilauge. Die Tiere zeigten eine große Widerstandsfähigkeit. So hielten es Larven des 3. Häutungsstadiums in 1%iger Kalilauge bis 20 Minuten aus, in 0,5%iger waren sie sogar bis zu 1 Stunde lebensfähig. Ein Abblassen erfolgte nur langsam und erst gegen Ende des Versuchs.

2. von Alkohol. Die Herztätigkeit setzte infolge der narkotisierenden Wirkung sofort aus, doch ist das Leben damit noch keinesfalls erloschen. Mir gelang es, ein Tier wieder vollständig lebensfähig zu bekommen, welches an 3 aufeinanderfolgenden Tagen auf dem Objektträger mit Wasser und dem gleichen Volumen 70%igen Alkohol etwa je 3 Stunden zu anderweitiger Beobachtung gehalten wurde. Setzte ich dann das Tier abends in frisches Wasser, so schwamm es früh regelmäßig normal umher.

Diese beiden Versuche zeigen, daß Hydroxyl-Ionen entweder nur

sehr schwer diffundieren oder auf das Protoplasma von ganz geringer Wirkung sind. So erklärt sich auch die große Widerstandsfähigkeit der Larven gegen Dungstoffe, von der THUMM berichtet. Nur zu oft geraten diese durch die Abzugsgräben von den Feldern in das Wasser, das von Chironomiden bewohnt ist. Diese weichen den Stoffen durch Wanderungen aus, kehren aber nach dem Verlaufen zurück. Die Dungstoffe reagieren infolge der Ammoniakproduktion gewisser Bakterien auch alkalisch und reihen sich so in ihrer Wirkung der Kalilauge und dem Alkohol an.

3. von Säuren. Hiergegen besitzen die Larven eine überraschend geringe Widerstandsfähigkeit. Selbst ganz schwache Säuren wie Essig- oder Zitronensäure wirken noch in großer Verdünnung tödlich. Mit der steigenden Konzentration wird die Zeit natürlich erheblich abgekürzt, die zur Entfaltung einer tödlichen Wirkung nötig ist. Sehr stark verdünnte Zitronensäure wirkte nach 21,5 Stunden tödlich, eine Verdünnung von Essigsäure so, daß auf etwa 50 ccm Wasser 1 Tropfen Eisessig zugesetzt wurde, wirkte fast augenblicklich tödlich. Stets ist infolge des Säurezusatzes ein starkes Abblassen der Tiere festzustellen; das bedeutet also Zerstörung des Hämoglobins. Ob dies aber die einzige Todesursache ist, vermag ich nicht zu entscheiden, denn es können neben der Zerstörung des Hämoglobins und der damit verbundenen Ausschaltung der Atmung noch andere Wirkungen der Säuren direkt auf das Protoplasma stattfinden, die sich vorderhand unserer Kenntnis entziehen.

Eine immerhin auffallende Ausnahme von der tödlichen Wirkung der Säuren macht der Schwefelwasserstoff. In einem der später zu besprechenden Versuche über Sauerstoffentziehung trat unbeabsichtigt Schwefelwasserstoffentwicklung auf. Die Tiere waren seiner Wirkung mehr als 24 Stunden ausgesetzt, ohne daß sie etwas besonderes zeigten. Daß eine sehr starke Schwefelwasserstofflösung vorlag, ging daraus hervor, daß sich sämtliche Eisenteile stark geschwärzt hatten, die mit der Lösung in Berührung waren. Außerdem roch das Wasser sehr stark nach dem Gas. Diese große Widerstandsfähigkeit der Tiere gegen Schwefelwasserstoff kann ihnen sehr nützlich werden, denn es ist sehr leicht möglich, daß diese Verbindung an ihren Wohnplätzen bei Verwesungsvorgängen entsteht.

4. von Chloroform und Cocain. Beide wirken innerhalb sehr kurzer Zeit narkotisierend und nach einigen Stunden, oft aber schon früher, tödlich.

5. des Hungerns. Gegen Hunger sind die Tiere sehr wider-

standsfähig. Ich hielt mehrere Larven über 8 Tage ohne Nahrung, ohne daß sie etwas von der Frische ihrer Bewegungen eingebüßt hätten.

6. von mechanischen Verletzungen. Gegen sie sind die Larven äußerst empfindlich, denn auch der kleinste Stich hat sofortiges Verbluten zur Folge. Daraus folgt, daß dem Blute anscheinend die gerinnselbildenden Bestandteile oder Fibrine bzw. Fibrinogene fehlen, die für einen Wundverschluß sorgen. Aus diesem Grunde halte ich auch die von SCHNEIDER mitgeteilte Beobachtung für einen Irrtum, daß ein in der Larve als Parasit lebender *Gordius* seinen Kopf durch das hintere Haftfüßchen ins Freie gesteckt habe. Dabei soll weder das Tier geschädigt worden noch eine Blutung aufgetreten sein. Während meiner Beobachtungen traf ich auch auf einige diesen Parasiten beherbergende Larven, ohne jemals die SCHNEIDER'sche Behauptung bestätigt zu finden.

Da es mir ferner von Wichtigkeit war, zu wissen, ob das Chitin für Gase überhaupt durchlässig ist, stellte ich folgenden ziemlich groben Versuch an. Ich füllte eine abgeworfene Larvenhaut mit Hilfe einer vorsichtig durch die Mundöffnung eingeführten Capillare mit einigen Luftblasen und band die Haut vorn und hinten ab. Um zu sehen, ob die Luft nicht etwa durch Risse oder Spalten entweichen konnte, blieb die Haut zunächst für 3 Stunden in gewöhnlichem Wasser liegen. Als sich herausstellte, daß ein Ausströmen der Luft nicht stattfand, wurde die Larvenhaut zur weiteren Kontrolle für kurze Zeit in starken Unterdruck gebracht, wodurch also eine Druckdifferenz vom Innern der Haut gegen das umgebende Medium geschaffen wurde. Auch hier zeigte sich nur eine Volumenvergrößerung der Blasen in der Haut, aber kein Entweichen der eingeschlossenen Luft. Also konnte die Haut als fest abgebunden bezeichnet werden. Darauf wurde sie in entgastem Wasser gebracht. Ist die Chitinhaut für Gase durchlässig, müßten die Gasblasen aus der Haut verschwinden, da die Luft natürlich mit dem Konzentrationsgefälle wandert. Und in der Tat zeigte sich, daß etwa innerhalb von 12 Stunden das Gas aus der Haut verschwunden war, was also auf Durchlässigkeit des Chitins schließen läßt.

C. Das Tracheensystem.

1. Morphologie des Tracheensystems.

Obgleich schon einige Arbeiten über die Morphologie des Tracheensystems vorliegen, möchte ich doch noch einmal auf die nähere Beschreibung eingehen. Meist ist dieser Gegenstand in den erwähnten Arbeiten nur nebenbei behandelt, also keine sehr genaue Beschreibung gegeben, oder die Angaben sind nicht sehr zuverlässig.

Zunächst liegt aus dem Jahre 1877 von PALMÉN eine Arbeit vor, in der kurz die Chironomiden erwähnt werden. Er schildert das Tracheensystem von *Corethra* und kommt zu dem Schluß, daß die rudimentären Stigmengänge einen Funktionswechsel erlitten haben und daß das geschlossene Tracheensystem gegenüber dem primären, offenen einen Fortschritt in der Entwicklung bedeute. Die rudimentären Stigmengänge sollen jetzt nicht mehr der Vermittlung des Gasaustausches, sondern zur Befestigung des Tracheensystems dienen. Sie wirken also als Aufhängebänder. Diesen Befund überträgt er auch auf die Chironomiden und schreibt den Stigmengängen die gleiche Funktion zu. Eine morphologische Beschreibung dieses Systems gibt er nicht.

MEINERT beschreibt dann 1886 das Tracheensystem der *venustus-plumosus*-Gruppe als überaus schwach entwickelt. Es soll erst auf sehr spätem Stadium des Larvenlebens auftreten. Man finde in mehr oder weniger der vorderen Segmente schwach verbundene, fast selbständige Systeme, welche sich selbständig entwickelt haben und mit einem ganz dünnen, massiven Strang mit der Oberhaut in Verbindung stehen, der aber keine Chitinspirale ausbildet.

MIALL u. HAMMOND (1900) beschreiben das System als rudimentär, deuten die Morphologie aber nur flüchtig an und erwähnen auch die ungefüllten, auf der Oberfläche des Körpers mit Chitinpfpöpfen verschlossenen Stigmen. Durch diese werden die alten Tracheen bei jeder Häutung als ein Bündel herausgezogen, die dünnen Seitestämme werden zerbrochen.

Außerdem liegen nur noch zwei Arbeiten aus der neuesten Zeit vor, eine von SCHNEIDER (1904) und eine andere von ZEBROWSKA (1914).

SCHNEIDER beschreibt die rudimentären Stigmen nebst Kanal und erklärt PALMÉN's Irrtum, diesen als Anheftefaden aufzufassen. SCHNEIDER spricht diese Gebilde für bandförmig zusammengeklappt

an. Betrachte man die Gänge von der schmalen Kante, so erkläre sich PALMÉN'S Auffassung leicht, denn sie erweckten so den Anschein von Anheftefäden. Daß sie aber nicht zur Befestigung des Systems dienen können, geht daraus hervor, daß sie nie gespannt, sondern stets geschlängelt verlaufen. Die Stigmenkanäle sollen sich nach der Cuticula etwas verbreitern und an der Austrittsstelle eine Öffnung besitzen, die man bei starker Vergrößerung sehen könne. Ein Spiralfaden in den Kanälen sei nicht vorhanden. An diese Darlegungen schließt sich eine sehr oberflächliche und ungenaue Beschreibung des Tracheensystems.

Auch bei ZEBROWSKA findet sich nur ein kurzer, morphologischer Hinweis, daß das System rudimentär sei und sich bei Tiefenformen besonders spät fülle.



Fig. L.

Hauptstämme des Tracheensystems im 1. und 2. Segment. Nach dem Leben. 500:1. cr cranial. v ventral. Gr Grenze der Segmente 1/2. K Kreuzungsstelle der Hauptstämme. St1 1. Stigma. Die hier nicht aufgeführten Buchstaben finden sich im Text.

Unter diesen Verhältnissen erscheint es immerhin ganz angebracht, eine genaue Beschreibung des Systems von *Chironomus gregarius* zu geben. Als Übersichtsbild füge ich Fig. 1 bei. Fig. L stellt die Hauptstämme im Bereiche des Stigmas I, Fig. M die im Bereiche des Stigmas II dar. Auf Fig. 1 und Fig. L u. M beziehen sich die im Text verwendeten Buchstaben gemeinsam.

Bei der Betrachtung des Tracheensystems gehen wir am besten

vom dicksten vorhandenen Stamm aus, der etwa in der Gegend der Grenze des 1. und 2. Thoracalsegments horizontal verläuft (K). Sein Durchmesser beträgt bei den Larven auf dem 2. Häutungsstadium etwa $7\ \mu$, bei denen auf dem 3. etwa $10\ \mu$. Lateral etwa auf der Mitte dieses Stammes sitzt der dünne, häutige Stigmengang auf, der stets luftleer, anscheinend aber mit Flüssigkeit nicht ganz prall gefüllt ist. Der besagte Kanal erreicht unter einigen schwachen Windungen die Körperoberfläche an der Grenze des 1. und 2. Thoracalsegments (St_1). Hier ist die Austrittsstelle mit einem dicken, braunen Chitinpfpfen verschlossen, wie ich in Übereinstimmung mit MIALLE u. HAMMOND, im Gegensatz zu SCHNEIDER feststellen konnte, denn im Chitinpfpfen selbst oder zwischen ihm und den Kanalwandungen eine Öffnung festzustellen, ist mir weder mit den stärksten Vergrößerungen noch mittels physikalischer Experimente gelungen.

Der Zentralstamm K teilt sich in 4 Hauptstämme a , b , c , d (vgl. auch Fig. L), von denen sich 2 (a , b) kopfwärts, 2 (c , d) schwanzwärts wenden. Jeder dieser 4 kurzen Stämme a , b , c , d verzweigt sich sehr bald, wodurch die 8 Äste a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 , c_2 , d_1 , d_2 gebildet werden, von denen sich a_1 , b_1 , c_1 , d_1 zur Oberfläche des Tieres wenden und capillar auflösen. Auf die bedeutend dünneren Stämme c_2 und d_2 komme ich unten zurück. Die beiden Stämme a_2 und b_2 verlaufen kopfwärts, b_2 mehr an der Oberfläche, a_2 mehr in der Tiefe des Tieres. Nach einiger Zeit folgt eine weitere Aufteilung jedes der beiden Stämme in die sehr viel dünneren Zweige $a_{2\alpha}$ und $a_{2\beta}$, $b_{2\alpha}$ und $b_{2\beta}$; $a_{2\alpha}$ und $b_{2\alpha}$ behalten etwa die Richtung der zugehörigen Stämme a_2 und b_2 bei und vereinigen sich kurz vor dem Eintritt in den Kopf an der mit C bezeichneten Stelle. Von hier an läuft der durch ihre Vereinigung entstandene Stamm (a_2b_2) unter Beibehaltung der Richtung zu den Mundteilen weiter, wo er sich capillar auflöst. $b_{2\beta}$ geht zum 1. Thoracalganglion, auf dem eine capillare Verzweigung stattfindet, $a_{2\beta}$ zum Unterschlundganglion, wo sich dieser Ast gleichfalls capillar verzweigt. Der Stamm a_2 gibt vor der Auflösung in die beiden Äste $a_{2\alpha}$ und $a_{2\beta}$ noch den Ast $a_{2\gamma}$ zum Oberschlundganglion ab, der sich auf ihm ebenfalls capillar aufteilt. Kurz vor der Abgabe des Astes $a_{2\gamma}$ besteht noch eine Anastomose A_1 (in Fig. 1 punktiert gezeichnet) nach dem a_2 entsprechenden Aste des Tracheensystems der anderen Seite.

Wir wenden uns jetzt dem Tracheensystem an der Grenze des 2. und 3. Segments zu. Es ist im Vergleich zu dem eben besprochenen viel spärlicher entwickelt. Das Stigma St_2 liegt im

3. Segment und ist ebenfalls mit einem Chitinpfropfen verschlossen. Der dünne Stigmengang ist auch hier nie mit Luft gefüllt wie der zum 1. Stigma führende und setzt sich an den Zentralstamm c an, der etwa parallel der Segmentgrenze verläuft (vgl. auch Fig. M). Der Stamm c ist sehr kurz und teilt sich in 3 Äste e_1 , e_2 , e_3 . e_1 und e_3 wenden sich zur Oberfläche des Tieres, wo sie in Capillaren auslaufen, e_2 teilt sich bald in die Äste e_{2u} und e_{2s} . e_{2u} wendet sich analwärts und endet plötzlich (B), e_{2s} biegt kopfwärts aus und verbindet sich mit dem schon oben erwähnten dünnen Stamm c_2 , während der gleichfalls schon erwähnte Stamm d_2 direkt in den Zentralstamm c einmündet. Die beiden Stämme c_2 und d_2 stellen also eine doppelte Verbindung zwischen dem Tracheensystem an der Grenze des 1. und 2. Segments und dem an der Grenze des 2. und 3. Segments her und dürfen vielleicht gemeinsam mit den Strecken a_2 — a_{2u} und b_2 — b_{2u} als seitliche Längsstämme angesprochen werden. Eine Besonderheit läge nur darin, daß jederseits 2 solcher Längsstämme auftreten.

Kurz hinter der Abzweigstelle des Stammes c_2 von c besteht eine 2. Anastomose A_2 (Fig. 1 punktiert gezeichnet) nach dem c_2 entsprechenden Aste des Tracheensystems der anderen Seite. Ich möchte noch besonders betonen, daß weder A_1 noch A_2 Seitenzweige mit capillaren Verästelungen besitzen.

Die Chitinspirale in den Tracheen ist mit Ausnahme der Stigmengänge überall normal ausgebildet. Ich konnte sie mit starken Vergrößerungen noch einwandfrei in den Zweigen 3. Ordnung nachweisen.

Alle eben beschriebenen Stämme konnte ich bei jedem der untersuchten Tiere des 3. Häutungsstadiums wiederfinden. Die Lage des Systems den Segmentgrenzen und Organen gegenüber kann aber infolge der äußerst lockeren Aufhängung weitgehende Veränderung erfahren, besonders bei den Bewegungen des Tieres. Auffallend ist der in den meisten Fällen wiederkehrende plötzliche Abschluß des dorsalen Längsstammes an der Grenze des 2. und 3. Segments (Fig. 1 u. Fig. M B). Er endet mit einer blasenförmigen Auftreibung, die nach hinten in eine feine Spitze ausgezogen ist. Über den Zweck dieser ganzen Einrichtung bin ich vollkommen unklar; ich kann also nur die Tatsache feststellen, aber nichts zur Erklärung beifügen.

Es fragt sich nun, ob das beschriebene Tracheensystem in seiner geringen Ausdehnung der alleinige Rest des ursprünglich

normal entwickelten ist oder ob auch in den anderen Körpersegmenten noch Tracheen vorhanden sind, die aber nicht mehr mit Luft gefüllt werden können, sondern Flüssigkeit enthalten und deshalb den gleichen Brechungssexponenten wie die Umgebung haben müssen, also nur nicht sichtbar wären.

Um die Lösung dieser Frage habe ich mich lange bemüht, ohne aber ein befriedigendes Resultat zu finden. Ich beobachtete zunächst die in Fig. 1 u. Fig. M mit *B* bezeichnete Stelle bei sehr vielen lebenden Tieren, konnte aber mit einer Ausnahme keine wesentlichen Abweichungen entdecken. Caudal von dieser Stelle *B* war auch nicht die geringste Spur eines Tracheenstammes zu sehen, so daß ich diesen Versuch der Beweisführung bald aufgeben mußte. Dann versuchte ich die rudimentären Stigmen wenigstens in den anderen Segmenten aufzufinden, was mir zwar bei einem *Chironomus polytomus* einwandfrei gelang, nie aber bei *Chironomus gregarius*. In

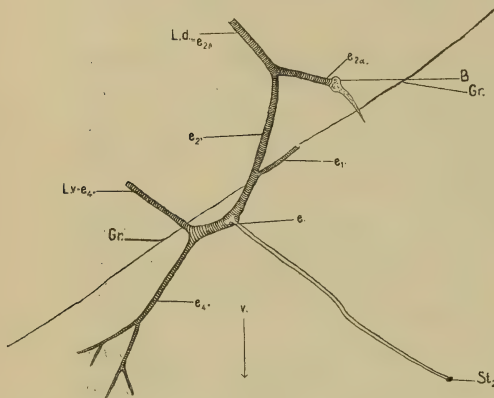


Fig. M.

Fig. M. Hauptstämme des Tracheensystems im 2./3. Segment. Nach dem Leben. 500:1. *B* plötzliches Aufhören der Füllung des dorsalen Stammes. *e* cranial. *v* ventral. *Gr* Grenze der Segmente 2/3. *L.d* dorsaler, *L.v* ventraler Längsstamm. *St2* 2. Stigma. Die hier nicht aufgeführten Buchstaben finden sich im Text.

Fig. N. Tracheensystem an der Grenze der Segmente 2/3 mit besonders weit gefüllten Längsstämmen. Nach dem Leben. 600:1. *B* normales Ende des dorsalen Längsstammes. *cr* cranial. *v* ventral. *c2* dorsaler Längsstamm im 2.; *e2α* im 3. Segment. *d2* ventraler Längsstamm im 2., *e3β* im 3. Segment. *St2* rudimentäres Stigma. Die hier nicht aufgeführten Buchstaben finden sich im Text.

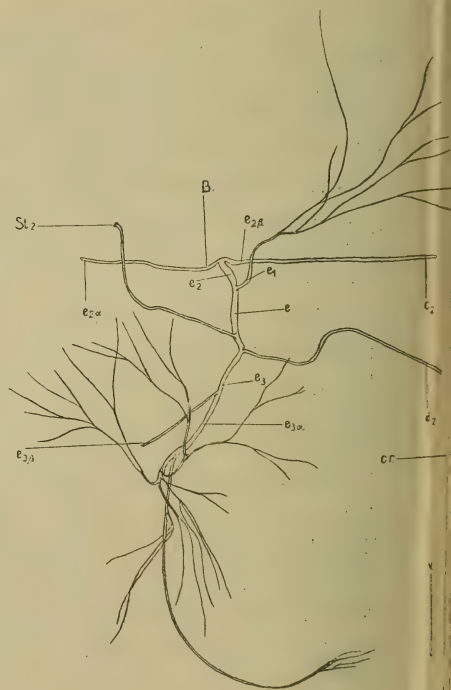


Fig. N.

den 2 ersten Segmenten hat man als wenigstens ungefähren Anhaltspunkt die Verzweigung des luftgefüllten Systems, der aber in den Abdominalsegmenten wegfällt. Ist es schon unter diesen immerhin günstigen Verhältnissen in den Thoracalsegmenten schwer, die Stigmen zu finden, so wird es beim Wegfallen dieser Führungslinien in den Abdominalsegmenten zur Unmöglichkeit.

Dann ging ich dazu über, Reagentien zum Sichtbarmachen des Tracheensystems anzuwenden (Osmiumsäure, Triacid H [GRÜBLER]), aber es färbten sich damit nicht einmal die oben beschriebenen Tracheen deutlich, viel weniger natürlich die nicht mit Luft gefüllten. Da mich damit alle technischen Methoden im Stiche ließen (auch auf Schnitten gelang es nicht, die Tracheen einwandfrei nachzuweisen), suchte ich durch Anwendung von Unterdruck zum Ziele zu gelangen. Ich ging von dem Gedanken aus, daß in den Tracheen durch Verminderung des äußeren Druckes ein Überdruck entstehen müßte, der die in den nichtgefüllten Tracheen enthaltene Flüssigkeit zu verdrängen imstande wäre. Damit würden die vorher unsichtbaren Teile des Systems als schwarze Stränge hervortreten. Die Anordnung des Versuches soll im nächsten Abschnitt besprochen werden. So viel Tiere ich aber auch diesen veränderten Bedingungen aussetzte, nie trat das Erwartete ein. Der Grund des Versagens liegt allem Anscheine nach auch hier in der fast völligen Undurchlässigkeit der Tracheenwände für Flüssigkeiten, während Gase sehr leicht zu diffundieren und so die Druckdifferenz auszugleichen vermögen. Genauer komme ich im nächsten Abschnitt darauf zurück. Aus diesen kurzen Andeutungen über die Wanddurchlässigkeit geht hervor, daß das Ausbleiben der erwarteten Verdrängung der Flüssigkeit aus den Tracheen noch nicht dazu berechtigt, das Vorhandensein weiterer nicht mit Luft gefüllter Tracheen zu verneinen.

Ein Befund bestärkte mich sogar noch in der Annahme, daß außer den gefüllten Tracheen noch weitere vorhanden sind, die nicht mehr gefüllt werden können. Unter den vielen auf die Ausbildung des Tracheensystems hin untersuchten Tiere befand sich auch eins, das eine Füllung der Längsstämme zeigte, wie ich sie in Fig. N wiedergebe. Die Abweichung gegen die normale Form lag an der Grenze des 2. und 3. Segments. Wir vermissen sofort, daß der dorsale Längsstamm nicht die typische Ausbildung an der mit *B* bezeichneten Stelle zeigt, und es fällt auf, daß er ein gutes Stück darüber hinaus gefüllt ist ($e_{2\alpha}$). Ebenso ist auch noch die Abzweigung des ventralen Längsstammes gefüllt ($e_{2\beta}$). Dies beweist

deutlich, daß die oben ausgesprochene Ansicht über das Vorhandensein von nicht mit Luft gefüllten Tracheenstämmen wenigstens in gewissen Grenzen zu Recht besteht. Wie weit sich freilich die Ausbildung solcher Stämme auf die Abdominalsegmente erstreckt, entzieht sich völlig unserer Kenntnis.

Anschließend möchte ich noch einen Irrtum SCHNEIDER's richtigstellen, besonders weil er daraus meiner Ansicht nach unhaltbare Schlüsse zieht. Er sagt über die Tatsache, daß die Tracheen im durchfallenden Licht schwarz erscheinen: „Es kommt dies daher, daß die Gefäße wohl mit Luft gefüllt sind, aber die Wände sind im Verhältnis zu den äußerst feinen Lumen sehr dick und absorbieren die auffallenden Lichtstrahlen, statt sie zu reflektieren. Wird der Inhalt nun weiter [SCHNEIDER meint wohl, wenn das Tracheenlumen sich vergrößere] oder die Vergrößerung stärker, so erblickt man bald den durch die feine Luftsäule entstehenden Reflex. Tracheensysteme, die spät angelegt werden, enthalten also von Anfang an Luft.“ Dagegen ist zu bemerken, daß Tracheen, sobald sie Luft enthalten, auch ohne Annahme der Absorption des Lichtes durch die Tracheenwände schwarz erscheinen müssen, wenigstens solange man sie, wie es im Mikroskop geschieht, im durchfallenden Lichte betrachtet. Das von unten einfallende Licht muß hier 2 Medien durchdringen, von denen das eine optisch dichter, das zweite optisch dünner ist. Kommt der Lichtstrahl aus dem optisch dichteren Medium (z. B. Wasser), so kann er in das dünnere (z. B. Luft) nicht mehr eintreten, sobald sein Einfallswinkel über einen bestimmten Betrag, zum Beispiel $48^{\circ}35'$ steigt, denn dann findet an der Grenze beider Medien totale Reflexion statt, also kann durch das optisch dünnere Medium kein Licht mehr nach oben gelangen. In unserem Falle ist das optisch dünnere Medium die Luft in den Tracheen, der Lichtstrahl kommt aber aus der Leibeshöhlenflüssigkeit, die also das dichtere Medium darstellt. Mithin kann, da der Winkel von $48^{\circ}35'$ im von unten kommenden Licht sicher überschritten ist, kein Licht in die Tracheen eintreten, denn an der Grenze der Tracheenwand und Luft wird es total reflektiert. So müssen natürlich von oben betrachtet die Tracheen schwarz erscheinen, ohne daß die Tracheenwände die Lichtstrahlen zu absorbieren brauchen. Weiter folgt aber daraus, daß die Tracheen schwarz erscheinen müssen, sowie auch nur die feinste Luftsäule in ihrem Inneren auftritt. Infolgedessen ist der oben wiedergegebene Schluß SCHNEIDER's nicht zulässig, daß Tracheensysteme, die erst spät angelegt werden, von

Anfang an Luft enthalten. Ich bezeichne daher im folgenden jedes Tracheensystem als nicht gefüllt, sobald es sich im mikroskopischen Bild nicht schwarz abhebt.

2. Die physiologische Leistung des Tracheensystems.

Über die Funktion des geschlossenen Tracheensystems wissen wir eigentlich bis heute nur wenig Bescheid. Erst Arbeiten von KROGH gaben uns Aufschluß über die Zusammensetzung des Gases in den Tracheen. Dieser Forscher zieht aus den Ergebnissen seiner Analysen der Tracheenluft schon den Schluß, daß die Hauptmenge der in den Geweben gebildeten Kohlensäure nicht wieder in die Tracheen zurückgelangen kann, sondern auf einem anderen Wege (an einer zweiten Stelle sagt KROGH sogar „durch Blut“) entfernt werden müsse, da die Kohlensäurekonzentration in den Tracheen stets beträchtlich niedriger ist, als nach dem Sauerstoffdefizit erwartet werden muß. Auf dem so vorbereiteten Boden sowie auf Grund eigener Beobachtungen an *Corethra* versuchte v. FRANKENBERG (1915), eine Theorie über die Atmung im geschlossenen Tracheensystem aufzustellen, die von den bisherigen Vorstellungen über den Gasaustausch wesentlich abweicht. Nach dieser Theorie findet im Tracheensystem ein Strömen der Gase nur in einer Richtung statt und zwar zentripetal. Wie weit diese Theorie durch die Ergebnisse der Untersuchungen KROGH's und BABAK's gestützt wird, gibt v. FRANKENBERG selbst in seiner Arbeit (cf. p. 587) an. Eine weitere Bestätigung stellen die Analysen der Tracheenluft von *Aeschna*-Larven dar, die von WALLENGREN ausgeführt und 1915 veröffentlicht wurden. Auch meine an *Chironomus gregarius* ausgeführten Versuche sollten dazu dienen, die durch v. FRANKENBERG aufgestellte Theorie zu bestätigen und zu ergänzen. Aber *Chironomus gregarius* ist für diesen Zweck wenig geeignet, da einesteils durch die Röhrenbauten die Beobachtung fast unmöglich wird, andernteils aber das Tracheensystem viel zu spärlich ausgebildet ist. Ich beschränke mich deshalb darauf, die für meine Arbeit wichtigen Befunde v. FRANKENBERG's anzuführen und sie mit meinen Beobachtungen zu vergleichen.

Für *Corethra* geltend fand v. FRANKENBERG folgende Tatsachen:

1. Die Wand der Schwimmblasen ist für Luft durchlässig.
2. Die Körperwand ist für Wasser ziemlich undurchlässig.
3. Im Unterdruck bilden sich im Innern des Tieres Gasblasen, die durch das Tracheensystem aus dem umgebenden Wasser abge-

schieden werden. Der Austritt des Gases aus den Tracheen nach dem Körperinnern wird durch ein „Leckwerden“ des Systems ermöglicht.

4. Die erste (vorübergehende) Füllung des Tracheensystems geschieht meist binnen 5 Minuten nach dem Schlüpfen. Die endgültige Füllung beginnt erst nach der 3. Häutung.

5. Bei der ersten Füllung wirken gasabscheidende Zellen mit, die im 11. Segment liegen müssen. Von hier aus beginnt die vorübergehende Füllung des Systems.

6. Die zu dieser Füllung verwendete Luft stammt aus dem umgebenden Wasser.

7. Die Füllung tritt auch ein, wenn das Tier einem Überdruck ausgesetzt wird.

8. Die Luft scheint in den Tracheen dauernd in einer Richtung zu strömen, nämlich von der Außenwelt nach den Organen. Die gebildete Kohlensäure gelangt nicht wieder in die Tracheen, sondern muß „vom Blute fortgespült und anderweitig aus dem Körper entfernt werden“.

Anschließend lasse ich die Ergebnisse meiner Beobachtungen und Versuche folgen.

a) Die Füllung des Tracheensystems.

Wie wir schon oben sahen, bleibt das Tracheensystem bis zur 2. Häutung völlig luftleer und damit funktionslos. Kurz nach dieser Häutung erscheinen zunächst in den Capillaren des Systems an der Grenze des 1. und 2. Segments kleine Luftblasen, die rasch zusammenfließen. Dies ist auch von SCHNEIDER beobachtet worden. Von diesen oberflächlich gelegenen Capillaren dringt die Luftsäule zentripetal nach den größeren Stämmen vor, beschränkt sich aber auf die 4 von K (Fig. 1) ausgehenden Stämme a , b , c , d und auf die von a und b ausgehenden Verzweigungen. Nicht gefüllt werden der Stigmengang nach St_1 und im allgemeinen die Seitenstämme c_2 und d_2 . Die Füllung erstreckt sich gerade nur bis an deren Abzweigung von c und d . Nur in einem Falle beobachtete ich die Füllung von c_2 bis zur Stelle e_{1y} . Die Anastomose A_2 bleibt bei dieser ersten Füllung des Systems gleichfalls luftleer.

Die noch nicht gefüllten Teile des Systems treten erst kurz nach der 3. Häutung hervor. Die Füllung beginnt auch hier von den Capillaren des Systems an der Grenze des 2. und 3. Segments her, erfolgt also ebenfalls in zentripetaler Richtung. Die Längs-

stämme c_2 und d_2 erhalten ihre Füllung von beiden Seiten her, die Anastomose A_2 wird von dem vorderen System versorgt, denn in ihr tritt schon Luft auf, ehe sich die von vorn und hinten kommenden Säulen in c_3 und d_3 vereinigt haben.

Die Zeit der Füllung des Systems genau zu bestimmen, ist sehr schwierig. Wie sich zeigte, geht die Füllung stets im Zusammenhang mit einer Häutung oder kurz nachher vor sich. Deren Eintreten ist aber nie mit Bestimmtheit anzugeben, da es sehr stark von den äußeren Verhältnissen beeinflusst wird, wie wir vorhin sahen. Gegenüber *Corethra* gestalten sich also auch hier die Beobachtungen viel ungünstiger (vgl. Punkt 4 der v. FRANKENBERG'schen Ergebnisse). Deshalb genügte es mir, festgestellt zu haben, daß die Füllung des Tracheensystems auch hier wie bei *Corethra* in zentripetaler Richtung erfolgt. Ein Unterschied besteht nur darin, daß die Füllung bei *Chironomus* nicht von einer bestimmten Stelle (vgl. Punkt 5), sondern von allen oberflächlich liegenden Capillaren gleichmäßig ausgeht.

Im Laufe dieser Beobachtungen versuchte ich nochmals, die vielleicht in den Abdominalsegmenten vorhandenen Tracheen funktionsfähig zu machen. Zu diesem Zweck brachte ich Eischnüre in stark mit reinem Sauerstoff übersättigtes Wasser und ließ sich die Tiere entwickeln. Aber selbst unter diesen für die Tracheenatmung äußerst günstigen Bedingungen gelang es nicht, eine Füllung der vermuteten Tracheen zu erzwingen. Daß es aber Fälle gibt, in denen ein Tracheensystem vorhanden ist, ohne wenigstens im Anfang eine Atmungsfunktion auszuüben, zeigte v. FRANKENBERG einwandfrei für *Corethra* (vgl. Punkt 4). Diese Tatsache stützt auch die schon oben ausgesprochene Annahme, daß bei *Chironomus gregarius* doch noch Tracheen in den Abdominalsegmenten vorhanden sein können, wenn sie auch unter keinen Umständen mehr funktionsfähig sind.

Eine mit meinen Beobachtungen übereinstimmende Angabe über die Füllung des Tracheensystems lag von MIALL u. HAMMOND vor. Nach ihnen legen sich beide Tracheensysteme getrennt an und werden erst später durch die dünnen Längsstämme verbunden.

b) Versuche bei verändertem Druck.

Die Methoden, nach denen ich arbeitete, sind bei v. FRANKENBERG genau beschrieben. Ich verweise deshalb nur auf die betreffende Stelle seiner Arbeit (cf. p. 528). Die angewendete Wasserstrahlappumpe erzielte eine Verdünnung von — 731 mm Hg-Säule.

Die für das Verständnis des Folgenden wichtigen Gesetze aus der Gasphysik findet man im Handbuch der vergleichenden Physiologie von WINTERSTEIN (Vol. 1, p. 1 ff.).

Versuch 1. Die Tiere wurden dem oben angegebenen Unterdruck ausgesetzt. Da bei vermindertem Druck die Absorptionsfähigkeit des Wassers für Gase sinkt, so ändern sich die Druckverhältnisse zwischen Wasser und Tier. Es ist also zu erwarten, daß Gas vom Tier abgegeben wird, und diese Gasblasen können nicht sofort wieder vom Wasser absorbiert werden. Auf diese Weise gelingt es, die auftretenden Gasströme sichtbar zu machen. Im Laufe des Versuches konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

a) In der Leibeshöhle der Tiere traten kleine, zahlreiche Luftblasen auf, die sich schnell vergrößerten und durch die Darmwand diffundierten. Hatten sie den ganzen Darm erfüllt, entwichen sie durch Mund und After.

b) Nach einiger Zeit blaßten die Tiere merklich ab.

c) Nach einem etwa 14stündigen Verweilen unter Unterdruck trat der Tod ein.

d) Ein Eindringen der Gassäule in die vermuteten, nicht gefüllten Tracheen jenseits der Grenze des 2. und 3. Segments (also über die in Fig. 1 mit *B* bezeichnete Stelle hinaus) fand nicht statt.

e) Die Tracheenstämme schlängeln sich stark, ähnlich einem dünnwandigen Gummischlauch, durch den unter Druck Wasser ausfließt. Die Schlängelung des Gummischlauches ist darauf zurückzuführen, daß infolge von ringförmigen Verdickungen in dessen Wandungen eine Ausdehnung in der Längsrichtung leichter erfolgen kann als in der Dicke. Diese Längenzunahme äußert sich durch die Bildung von besonders großen Schleifen und Windungen, wenn man den Schlauch an beiden Enden fest aufhängt. Da nun die Tracheenwand ganz ähnlich gebaut ist (die ringförmigen Verdickungen werden durch den Spiralfaden erzeugt), die Trachee selbst auch an einzelnen Punkten fest aufgehängt ist, kann man umgekehrt auf einen in ihr herrschenden Überdruck schließen, sobald sie sich in Bogen und Windungen legt.

f) Ein Austritt von Luftblasen aus den Stigmen erfolgt nicht.

g) Auch nach dem Tode der Tiere bleibt das Tracheensystem normal gefüllt, d. h. Unterbrechungen der Luftsäulen zeigen sich nicht.

Versuch 2. Die Tiere wurden bei normalem Druck in weit-

gehend entgastes Wasser gebracht. Hierdurch wurde ein Diffusionsgefälle vom Tier nach der Außenwelt geschaffen im Unterschied zu Versuch 1, wo im Innern der Tracheen ein mechanischer Überdruck erzeugt wird. Durch den im Versuch 1 erzeugten verminderten Druck wird auch die Absorptionsfähigkeit des Wassers für Gase herabgesetzt. Infolgedessen muß es zu einer Blasenbildung im Wasser kommen. Da sich der verminderte Druck momentan auf das Tier fortpflanzt, muß die gleiche Gasblasenbildung in dessen Blute auftreten. Außerdem hat das in den Tracheen eingeschlossene Gas infolge des verminderten äußeren Druckes das Bestreben, sich auszudehnen, d. h. es wird den oben erwähnten mechanischen Druck auf die Tracheenwand ausüben.

Im Verlaufe des Versuches 2 zeigte sich folgendes:

a) Eine Gasblasenbildung fand nicht statt, da die austretenden Gase sofort absorbiert werden.

b) Ein Ablassen der Tiere erfolgte viel später als im Versuch 1, meist erst nach 40—50 Stunden.

c) Der Tod trat ebenfalls erst nach 40—50 Stunden ein.

d) Ein Austritt von Luftblasen aus den Stigmen erfolgte nicht.

e) Nach 9stündigem Verweilen in diesem Medium entleerten sich die Tracheenstämme stellenweise (vgl. Fig. 2). Läßt man das entlüftete Wasser länger als 24 Stunden einwirken, so erreicht man eine viel weitgehendere Entleerung des Tracheensystems, als es Fig. 15 zeigt. Zuerst entleeren sich die Stämme c_2 und d_2 , a , b , c , d und die Anastomose A_2 (vgl. Fig. 1). Die Capillaren des Systems zu entleeren, ist mir nur einmal gelungen, aber auch dann nur an den Vereinigungsstellen mehrerer, also an dem Ende der Capillaren, welches das weitere Lumen hatte. Bemerkenswert hierbei ist, daß sich das Tracheensystem in umgekehrter Reihenfolge entleert, als es sich füllt.

f) Ein Einfallen oder bandförmiges Zusammenklappen der Tracheen an den entleerten Stellen tritt nicht ein.

Alle Versuche wurden vorwiegend mit Tieren des 3. Häutungsstadiums angestellt. Einzelne wenige standen am Ende des 2. Häutungsstadiums.

Die in Versuch 1a erwähnten Gasblasen stammten hier fast ausschließlich aus dem Blute, wie in Abschnitt D 4 noch genau gezeigt werden soll. Diese Tatsache befindet sich mit der von v. FRANKENBERG gefundenen (vgl. Punkt 3) nicht ganz im Einklang, wenngleich es mir sehr wahrscheinlich ist, daß ein verschwindender

Teil des Gases auch aus dem Tracheensystem ausgetreten ist. An *Chironomus gregarius* ist aber nicht zu entscheiden, wie weit das Tracheensystem an der Gasabscheidung beteiligt ist.

Die Versuche 1 und 2 erlauben auch einen Schluß über die Durchlässigkeit der Tracheenwand Gasen und Flüssigkeiten gegenüber. Da es zu einer teilweisen Entleerung des Systems erst bei dem starken Druckgefälle kommt, wie es in Versuch 2 besteht, kann die Tracheenwand für Flüssigkeiten nur äußerst schwer durchlässig sein. Gase dagegen scheinen relativ leicht von der Tracheenwandung durchgelassen zu werden. Dies zeigen uns Tiere, die am Ende der 2. Häutung stehen und in Unterdruck gebracht werden. Es gelingt hierbei nämlich nicht, ein Einstromen von Gas aus dem gefüllten Teil des Tracheensystems in den noch Flüssigkeit führenden zu bewirken. Der im gefüllten Teil des Systems entstehende Überdruck gleicht sich also viel leichter durch die Wände der Tracheen aus, als er eine Verdrängung der Flüssigkeitssäule bewirkt. Der Verdrängung der Flüssigkeit setzt sich außerdem noch ein beträchtlicher Capillarwiderstand entgegen, und so erklären die 3 Faktoren: große Undurchlässigkeit der Tracheenwand für Flüssigkeiten, relativ gute Durchlässigkeit für Gase und großer Capillarwiderstand der Flüssigkeitssäule in den Tracheen, das Fehlschlagen des unter 1a mitgeteilten Versuches, die vermuteten Abdominalsegmentstracheen sichtbar zu machen.

V. FRANKENBERG hatte die Durchlässigkeit für Gase nur für die Schwimmblasen, die Undurchlässigkeit für Wasser nur für die Körperwand gezeigt (vgl. Punkt 1 u. 2). Ich kann seine Angaben also dahingehend erweitern, daß beides auch für die Wand gewöhnlicher Tracheen gilt.

Aus diesen Befunden geht hervor, daß bei der ersten Abscheidung von Gas in die Tracheen eine recht bedeutende Arbeit zu leisten ist:

1. Das Gas wandert dem bedeutenden Druckgefälle entgegen, was unbedingt einen Aufwand von Energie erfordert.

2. Die in den Tracheen vorhandene Flüssigkeitssäule muß verdrängt, d. h. der Widerstand der Tracheenwand gegen den Flüssigkeitsdurchtritt überwunden werden. Das erfordert gleichfalls Arbeit. Ein Entweichen der Flüssigkeit durch die Stigmen während der 2. Häutung ist bei der ersten Füllung des Systems zwar möglich, bei der Füllung des Systems an der Grenze des 2. und 3. Segments

aber vollständig ausgeschlossen, da diese nicht gleichzeitig mit der 3. Häutung eintritt (vgl. S. 380).

3. Das Gas muß den zwischen Flüssigkeitssäule und Tracheenwand einerseits und zwischen ihm selbst und der Tracheenwand andererseits bestehenden Capillarwiderstand überwinden. Auch dazu ist eine entsprechende Energiemenge nötig. Daß auch der sehr beträchtliche Capillarwiderstand des Tracheensystems in Rechnung zu ziehen ist, zeigt deutlich der Versuch 2e, denn die schwierige Entleerung der feinsten Tracheen ist nur auf die Wirkung der Capillarität zurückzuführen.

Aus alledem geht hervor, daß man die erste Füllung des Systems nicht allein durch Osmose und Diffusion erklären kann, sondern daß man vielmehr eine Abscheidung des Gases durch aktive Zelltätigkeit annehmen muß, welche die zur Überwindung des Widerstandes nötige Energie liefert. Mithin besteht auch der unter 5 aufgeführte Punkt der Theorie v. FRANKENBERG's vollständig zu Recht.

Über die Größe der von den gasabscheidenden Zellen geleisteten Arbeit bekommt man aus einer Angabe SCHNEIDER's einigen Aufschluß. Er teilt mit, daß die aus der Tiefe des Genfer-Sees gefischten Chironomiden kein luftgefülltes Tracheensystem besitzen, aber nach etwa 2stündigem Aufenthalt in einem Aquarium die Füllung vornehmen. SCHNEIDER versucht selbst eine Erklärung, die zwar nachweist, daß der Mangel des Tracheensystems, oder besser die ausbleibende Füllung, für die Tiefsee-Chironomiden sehr zweckmäßig ist, aber den wirklichen Grund für das Ausbleiben der Füllung gibt er nicht an. Nach der Theorie v. FRANKENBERG's ist diese Erscheinung sehr zwanglos zu erklären. Es übersteigt die Beschaffung der zur Abscheidung einer Luftblase (als solche ist das Gas in den Tracheen aufzufassen) in etwa 60 m Tiefe nötigen Energiemenge die Leistungsfähigkeit der gasabscheidenden Zellen, also kann auch keine Füllung des Systems eintreten. Daraus geht hervor, daß ein äußerer Überdruck von 7 Atmosphären dazu genügt, die Tätigkeit der erwähnten Zellen aufzuheben. Daß v. FRANKENBERG auch im Überdruck eine Füllung des Systems erhielt (vgl. Punkt 7), ist wohl so zu erklären, daß der von ihm angewendete Überdruck von 56 cm Hg-Säule noch nicht dazu genügte, die Zelltätigkeit aufzuheben.

Auch über den Sitz der gasabscheidenden Zellen geben diese Beobachtungen einigen Aufschluß. Höchstwahrscheinlich liegen diese Zellen in den Endcapillaren der sich oberflächlich verästelnden

Tracheenstämme. Als Stützpunkte dieser Behauptungen führe ich an:

1. die zentripetale Füllung des Tracheensystems.
2. die zuletzt eintretende indirekte Füllung der Anastomosen und der Seitenlängsstämme. Die Anastomose A_2 (Fig. 1) liegt auch ganz nahe der Körperoberfläche, hat aber, wie die Seitenlängsstämme (c_2 und d_2), keine Zweige, die sich capillar auflösen.

Diese Tatsache legt die oben ausgesprochene Ansicht besonders nahe. Ob freilich die gasabscheidenden Zellen mit den Tracheenendzellen identisch sind, ist nicht mit Sicherheit zu entscheiden, doch sprechen verschiedene Punkte dafür. Erstens sind die Tracheenendzellen ziemlich hoch organisierte Gebilde, und zweitens ließ die histologische Untersuchung der betreffenden Stellen keine anderen besonders differenzierten Elemente erkennen.

In bezug auf die Lage der gasabscheidenden Zellen weicht also *Chironomus* anscheinend von *Corethra* ab (vgl. v. FRANKENBERG Punkt 5). Bei dieser geht die Füllung von einer bestimmten Stelle im 11. Segment aus, wo auch die abscheidenden Elemente liegen müssen, bei *Chironomus* scheinen alle oberflächlich liegenden Capillaren die Fähigkeit der Gasabscheidung zu besitzen. Beide Befunde stimmen aber darin überein, daß die abscheidenden Zellen nahe der Körperoberfläche liegen müssen.

Über die Bedingungen, unter denen im einmal gefüllten Tracheensystem ein Gasaustausch zustande kommt, kann ich nichts aussagen. Dazu müßte man näher darüber unterrichtet sein, wie weit die Tracheenwand einen mechanischen Druck aushalten und damit das eingeschlossene Gas seiner Wirkung entziehen kann. Wohl aber erlauben die Versuche 1 und 2 noch einen Schluß auf die Strömungsrichtung der Gase im Tracheensystem.

Das im Versuch 2 e aus dem System ausgetretene Gas kann zwei Richtungen eingeschlagen haben:

I. es wandert durch die Tracheenwand direkt nach dem äußeren Medium, entsprechend dem Druckgefälle.

II. es wandert durch die Tracheenwand nach dem Körperinnern, weil sich einer direkten Entleerung nach außen die Tätigkeit der gasabscheidenden Zellen widersetzt.

Nimmt man die Ergebnisse des Versuches 1 (e, f, g) hinzu, die zwar nicht unter gleich großem, doch unter gleich gerichtetem Druckgefälle gewonnen sind, so ergibt sich, daß trotz des bestehenden Druckgefälles von Innern des Tieres nach der Außenwelt ein ihm

entsprechender direkter Gasaustritt aus dem System nicht stattfindet. So bleibt dem Gase nur die Möglichkeit, in die Leibeshöhle des Tieres überzutreten, solange ein Gefälle besteht. Da nun Versuch 2 in bezug auf das Druckgefälle keine prinzipiell anderen Bedingungen bietet als Versuch 1, muß auch hier das Gas nach dem Körperinneren wandern, d. h. der unter 2 angegebene Weg ist nur möglich. Auf Grund dieser Tatsachen muß aber unbedingt der Schluß gezogen werden, daß der Gasstrom im geschlossenen Tracheensystem nur in einer Richtung und zwar zentripetal möglich ist. Dieses Ergebnis bestätigt erneut die durch v. FRANKENBERG ausgesprochene Ansicht, daß der Gasstrom im Tracheensystem nur in einer Richtung erfolgt (vgl. Punkt 8).

c) Bedeutung der Tracheenatmung für
Chironomus gregarius.

Über die Bedeutung des Tracheensystems von *Chironomus gregarius* für den Stoffwechsel liegen in der Literatur recht widersprechende Angaben vor, die vorwiegend auf rein spekulativem Wege gewonnen wurden. MEINERT hält es für die Respiration nicht für wichtig (freilich denkt er nur an die Verwendung des Systems zur direkten Luftatmung, wie sie z. B. bei *Culex*-Larven besteht), PACKARD, SCHNEIDER und ZEBROWSKA schreiben ihm große Bedeutung zu. SCHNEIDER besonders vertritt eine ganz eigenartige Anschauung. Abgesehen davon, daß er überhaupt das Bestehen eines geschlossenen Tracheensystems leugnet, schreibt er ihm eine rein expiratorische Funktion zu. Nach den oben dargelegten Ausführungen erübrigt sich wohl eine Stellungnahme hierzu. Außerdem sollen nach SCHNEIDER die Stigmen als Sicherheitsventil gegen etwa innerhalb des Systems auftretenden Überdruck wirken können. Diese Behauptung stützte SCHNEIDER auf mit ziemlich groben Methoden ausgeführte Untersuchungen. Den inneren Überdruck im System erzeugte er durch Drücken auf das Deckglas, wobei eine Verletzung des Stigmenverschlusses nicht ausgeschlossen erscheint. Dann konnte es, wie er behauptet, zu einem Austritt von Luftblasen aus den Stigmen kommen. Die von SCHNEIDER ausgesprochene Ansicht über die Funktion der Stigmen als Sicherheitsventile wird wohl klar durch die Ergebnisse des Versuches 1 e u. f widerlegt. Die Methode, durch Herstellung eines äußeren Unterdruckes im System einen Überdruck zu erzeugen, ist entschieden viel feiner als die von

SCHNEIDER angewendete, da hierbei die Verletzung des Stigmenverschlusses oder der Capillaren viel weniger wahrscheinlich ist.

Um die Frage nach der Bedeutung des Tracheensystems für die Unterhaltung der Atmung zu entscheiden, brachte ich mehrere Tiere in gasarmes Wasser, bis sich ihre Tracheen stellenweise entleert hatten. Darauf wurden die Tiere sofort in sauerstoffreiches oder gewöhnliches Wasser gebracht. Während dieser Versuche konnte ich folgendes beobachten:

I. Die Tiere sind auch im sauerstoffreichen Wasser nicht fähig, die einmal entleerten Stellen des Systems neu zu füllen.

II. Tiere mit stellenweise entleertem Tracheensystem sind lebens- und entwicklungsfähig, wenn sie unter normale Bedingungen zurückgebracht werden.

Da die in die Tracheen eingedrungenen Flüssigkeitssäulen als Sperrflüssigkeiten wirken, ist bei allen Tieren mit stellenweise unterbrochenem Tracheensystem auch der Gasstrom innerhalb des Systems unterbrochen, d. h. seine Tätigkeit vollkommen ausgeschaltet. Da sich aber die Tiere trotzdem normal weiterentwickeln, verpuppen und ausschlüpfen, ist die Frage nach der Bedeutung des Systems ohne weiteres beantwortet. Wir haben also bei *Chironomus gregarius* das Tracheensystem als morphologisch zwar noch vorhanden, physiologisch aber als rudimentär zu bezeichnen.

Der Grund für die Erhaltung des Systems in den beiden ersten Segmenten ist vielleicht folgender: hier liegen Cerebral-, Subösophageal- und 1. Thoracalganglion, die als lebenswichtige Organe einen besonders regen Stoffwechsel haben. Außerdem finden im 1. Segment bei der Verpuppung die größten Umwälzungen statt, für die ein möglichst reger Stoffwechsel auch nur günstig sein kann.

Infolge der vollständigen Rückbildung des Tracheensystems muß noch ein anderes Organsystem vorhanden sein, das die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels übernommen hat. Mit ihm werden wir uns im folgenden Abschnitt noch ausführlich beschäftigen.

D. Das Circulationssystem.

1. Morphologie der den Kreislauf bedingenden Membranen.

Zum Circulationssystem gehören: das Herz nebst Aorta, die Tubuli, die Analanhänge und eine den Blutkreislauf regulierende

Membran. Tubuli und Analanhänge sind in den Figg. O und P noch einmal größer dargestellt (*T. v*, *T. h*; *o. A*, *u. A*). Auf die Bedeutung der Pfeile in Fig. P komme ich später zu sprechen.

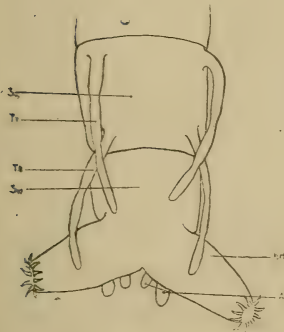


Fig. O.

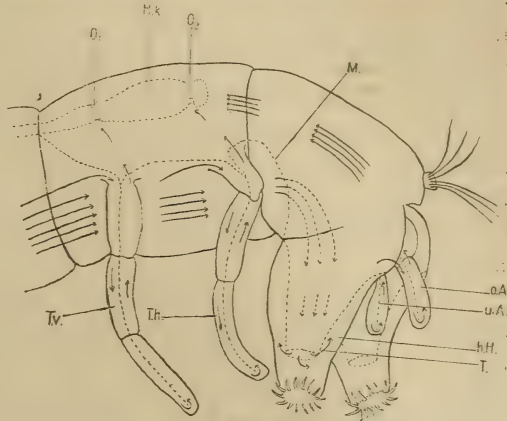


Fig. P.

Fig. O. Ventralansicht des 11. und 12. Segments. Nach dem Leben. 60:1. *A* Analanhänge. *h. H* hintere Haftfüßchen. *S₁₁* 11., *S₁₂* 12. Segment. *T. h* hintere, *T. v* vordere Tubuli.

Fig. P. Seitenansicht des 11. und 12. Segments mit eingezeichneter Blutbahn. Nach dem Leben. 60:1. *h. H* hintere Haftfüßchen. *H. k* Herzkammer. *M* Linie, die den Membranverlauf andeutet. *O₁* u. *O₂* vorderes und hinteres Ostienpaar. *o. A* oberer, *u. A* unterer Analanhang. *T* Trichter der Membran im Haftfüßchen. *T. v* vorderer, *T. h* hinterer Tubulus. Die Richtung und Anzahl der Pfeile deuten Richtung und Stärke des Blutstromes an. Die gestrichelten Pfeile im hinteren Haftfüßchen sollen andeuten, daß der Blutstrom unter der Membran, also noch im ventralen Sinus, verläuft.

Herz und Aorta sind von JAWOROWSKI sehr genau bearbeitet, außerdem finden sich Angaben darüber bei MIALLE u. HAMMOND. Über die Tubuli und Analanhänge ist nicht viel, über die oben erwähnte Membran gar nichts bekannt.

Auch die Erklärungen für das Zustandekommen einer Blutströmung in den Tubuli und Analanhängen sind sehr mangelhaft und kommen über Versuche nicht hinaus. Nach JAWOROWSKI sollte in der Höhle dieser Gebilde ein Netzgerüst kontraktile Fibrillen bestehen, die das Blut in die Leibeshöhle zurückpressen sollen. BABÁK gibt dagegen an, daß er in den Atemanhängen eine Blutströmung nicht beobachten konnte. Bei MIALLE u. HAMMOND findet man die Angabe, daß eine Blutströmung in den Anhängen zu sehen sei, die synchron mit den Herzpulsationen auftrete. Eine andere Erklärung versucht SCHNEIDER, der „das Herz unmittelbar an der Basis der

Schläuche“ beginnen und so eine Strömung in den Analanhängen zustandekommen läßt. Es sollte durch das Herz das Blut aus den Tubuli herausgepumpt und dadurch ein Nachströmen aus der Leibeshöhle ermöglicht werden. Diese Erklärung läge zwar bei den Tubuli im Bereiche der Möglichkeit, aber wie die Strömung in den Analanhängen dann zu erklären ist, leuchtet mir nicht ein, da diese vom Herzende durch das ganze 12. Segment getrennt sind. Auch MIALL u. HAMMOND's Erklärung beseitigt diese Schwierigkeit nicht, ganz abgesehen davon, daß sie sich nur auf die Analanhänge bezieht. Nach ihnen soll in den Analanhängen ein „schwimmender Faden“ (floating filament) vorhanden sein, wie sie es in fig. 24 ihres Buches abbilden.

Zur Klärung dieser Frage ging ich von folgenden Überlegungen aus. Da das Tracheensystem als vollständig rudimentär zu betrachten ist, muß das Circulationssystem den gesamten Gasaustausch vermitteln können. Dazu ist aber unbedingt eine festbestimmte Strömungsrichtung des Blutes erforderlich, besonders in den wahrscheinlich als Atemorgane funktionierenden Tubuli und Analanhängen. Diese kann aber nur durch eine Einrichtung gewährleistet werden, welche das Blut zwingt, die Tubuli und Analanhänge zu durchlaufen. Freiwillig würde dies nie erreicht werden, da die Tubuli und Analanhänge infolge ihres bei weitem geringeren Querschnittes der Leibeshöhle gegenüber dem Eintritt von Blut einen entsprechend großen Widerstand entgegensetzen würden.

Auf der Suche nach einer solchen Einrichtung entdeckte ich bald, daß sowohl die Tubuli als auch die Analanhänge ihrer ganzen Länge nach von einer feinen, dünnen Membran durchzogen wurden. Eine weitere Membran sah ich diagonal durch das 11. Segment ziehen. Ich vermutete sofort einen Zusammenhang zwischen allen diesen Gebilden. Diese Vermutung wurde im Verlaufe der Untersuchungen auch vollauf bestätigt, denn auf Querschnitten durch das Tier sah ich bald die Membran des 11. Segments in die Tubuli eintreten.

In der Gegend der Analanhänge gestaltete sich die Untersuchung nicht so einfach, und ich war gezwungen, zur völligen Klarstellung eine Rekonstruktionsmethode anzuwenden. Erwähnt wird die verwendete Methode von BIERBAUM (1914), aber ich mußte sie noch weiter ausbauen, da ich selbst aus den Rekonstruktionsbildern noch keine völlige Klarheit erhalten konnte. Es wurden zunächst vollständige Schnittserien von durchgehend gleicher Dicke

angefertigt. Die Schnitte projizierte ich dann mit Hilfe eines Mikroskops und einer photographischen Camera auf Mattscheiben und zog die nötigen Umrisse auf der Mattscheibe mit Bleistift nach. Auf eine Mattscheibe wird nur ein Schnitt gezeichnet. Beim Auswechseln der Platten hat man darauf zu achten, daß der nachfolgende Schnitt an dieselbe Stelle entworfen wird wie der vorhergehende. Dies erreicht man am besten dadurch, daß man das Präparat um die nötige Schnitzzahl verschiebt, ehe man die bezeichnete Mattscheibe auswechselt. Erst wenn der gezeichnete Schnitt auf der Mattscheibe und die Projektion des folgenden soweit als irgend möglich zur Deckung gebracht sind, kann man das Auswechseln der Mattscheibe vornehmen.

Nach der Stärke der Schnitte und der Dicke der verwendeten Glasscheiben richtet sich die zu wählende Vergrößerung. Würde man diese beiden Faktoren nicht berücksichtigen, erhielte man in irgendeiner Richtung Verzerrungen.

Hatte ich die entsprechende Anzahl Mattscheiben mit Schnittzeichnungen versehen, dann zog ich sie mit verschiedenfarbiger Tusche aus, die bei dem Aufhellungsprozeß fast nicht angegriffen wurde. Das Aufhellen geschieht durch Einstellen der Mattscheiben in ein Gemisch von Cedernholz- und Anisöl im Verhältnis 1:1. Die Scheiben werden in dieser Mischung glasklar durchsichtig, und man sieht das rekonstruierte Bild räumlich vor sich. Nach den so erhaltenen Bildern fertigte ich dann Plastilinamodelle an, die schließlich zu dem ganzen in Frage kommenden Komplex vereinigt wurden. Ihre photographische Wiedergabe füge ich als Fig. 3, 4, 5 bei. Diese Figuren stellen das 11. und 12. Segment der Larve von der rechten Seite (Fig. 3, 4) und von hinten (Fig. 5) gesehen dar. An den mit F , F_1 , F_2 bezeichneten Stellen ist die Körperwand entfernt, um in das Innere des Tieres blicken zu können. An Hand dieser 3 Figuren sowie der Fig. P will ich versuchen, den Verlauf der Membranen zu erläutern.

Wir beginnen mit der Schilderung aus praktischen Gründen am besten an der Grenze des 10. und 11. Segments, also an der Stelle, die etwa in Fig. 3, 4 mit S_{11} bezeichnet ist. An der Grenze dieser beiden Segmente sitzt die Membran fest der dorsalen Körperwand an. Die Membran wird nur von der Aorta durchbrochen. Sie senkt sich sehr schnell und erreicht etwa im ersten Drittel des 11. Segments die Höhe des Darmes. Ihre Ränder verwachsen fest mit den Seitenrändern des Tieres. (Die Verwachsungslinie M ist

in Fig. P gestrichelt eingezeichnet.) Ihr medialer Rand verbindet sich im ganzen weiteren Verlaufe fest mit der seitlichen Darmwand. Dadurch wird im 11. und 12. Segment ein ventraler und ein dorsaler Blutsinus gebildet (der dorsale Sinus in Fig. 5 geöffnet, *d. B.*). Der ventrale Blutraum wird begrenzt: ventral und dorsal von den Körperwänden, dorsal von der Membran und vom Darm, der dorsale Raum dorsal und lateral von den Körperwänden, ventral vom Darm und der Membran. Im dorsalen Blutraum liegt die kontraktile Herzkammer (Fig. P u. Fig. 3, 4 *Hk.*). Sie ist so gelagert, daß beide Ostienpaare (Fig. P O_1 u. O_2) noch caudal von der Verwachungsstelle der Membran mit der Körperwand an der Grenze des 10. und 11. Segments zu finden sind.

Die in Fig. 19 mit A_1 , Z_1 und A_2 , Z_2 bezeichneten Stellen sollen die vorderen und hinteren Tubuli der rechten Seite darstellen, die nahe ihrer Basis entfernt wurden. An dieser Stelle des Segments zeigt sich im Verlaufe der Membran bereits eine Besonderheit. Sie biegt etwa in der Mitte zwischen Darm und Körperwand innerhalb des Tieres ziemlich steil ventralwärts ab (Fig. 5, 4, etwa die mit *M* bezeichnete Stelle). (Die Verwachungsline der Membran mit der Körperwand senkt sich infolgedessen stark nach der Ventralseite des Tieres.) Dadurch bildet die Membran mit der Körperwand einen taschenähnlichen Sinus. Die in Fig. P gestrichelte Linie stellt also auf der Strecke zwischen *T.v* und *T.h* nicht die oben erwähnte Verwachungsline dar, sondern die Projektion der durch das Abbiegen der Membran entstehenden Kante (vgl. auch Fig. 4 etwa die mit *M* bezeichnete Stelle) auf die seitliche Körperwand. In Fig. 3 ist die Körperwand so weit entfernt, daß man auf die den Sinus medial begrenzende Membran blickt. Aus dieser Figur wird auch ohne weiteres klar, daß und wie sich die Membran in die Tubuli fortsetzt. Sie durchläuft jeden der Tubuli bis an sein äußerstes Ende und teilt ihn so in zwei „Gefäße“, deren Anfänge in Fig. 4 und 3 mit A_1 , Z_1 und A_2 , Z_2 bezeichnet sind (vgl. auch Fig. P die gestrichelte Linie in den Tubuli). Fig. 6 zeigt das gleiche in Längs-, Fig. 7 im Querschnitt (*M* stellt in beiden Figuren die Membran dar). In Fig. 3 ist der Schnitt in der Körperwand soweit geführt, daß er das dorsal gelegene „Gefäß“ der Tubuli (A_1 und A_2) öffnet und so den Zusammenhang der Membranen in den Tubuli mit der im 11. Segment verlaufenden zeigt. Aus den beiden Figg. 3 und 4 geht aber ebenfalls hervor, daß alle mit *Z* bezeichneten Hälften der Tubuli, d. h. die ventral gelegenen „Gefäße“, mit

dem ventralen Blutsinus, alle mit *A* bezeichneten mit dem dorsalen Sinus in Verbindung stehen. Es kann also an diesen Stellen nie Blut aus dem ventralen in den dorsalen Sinus übergehen, ohne einen der Tubuli in seiner ganzen Länge durchlaufen zu haben. Um den Übertritt aus den mit *Z* bezeichneten „Gefäßen“ in die mit *A* bezeichneten zu ermöglichen, läßt die Membran am distalen Ende der Tubuli einen etwa halbkreisförmigen Durchtritt zwischen den beiden „Gefäßen“ offen. Innerhalb der Tubuli wird die Membran durch ein Gerüst feiner Fädchen in ihrer Lage gehalten, wie in Fig. 7 (*St*) zu sehen ist. Auch über die distale Öffnung ziehen sich einzelne Stützbälkchen hinweg, ohne jedoch den Blutdurchtritt zu verhindern. Wir haben also in den Tubuli Organe vor uns, die ganz ähnlich den echten Blutkiemen der Fische ein zuführendes (Fig. 4, 3 *Z*) und ein abführendes (Fig. 4, 3 *A*) „Gefäß“ besitzen, nur daß die Bildung von Capillarnetzen wegfällt. Streng genommen, ist es nicht statthaft, hier von Gefäßen zu sprechen, da sowohl den in den Tubuli als auch in den Analanhängen vorhandenen Räumen eine einheitliche Wandung fehlt. Doch soll unter stetiger Berücksichtigung dieser Tatsache der Ausdruck aus Gründen der Anschaulichkeit beibehalten werden. Der durch die Tubuli circulierende Blutstrom ist in Fig. P dargestellt, wo die Pfeile seine Richtung andeuten.

Verfolgen wir die Membran im Körper weiter, so finden wir, daß sie, immer am Darm und an der Seitenwand des Tieres befestigt, unter der Grenze des 11. und 12. Segments hindurch nach hinten bis zum Anus (Fig. 5 *An*) verläuft (vgl. Fig. P *M*, Fig. 3, 5 *G*₁). Hier ist wieder eine Einrichtung getroffen, um die unteren Analanhänge mit Blut zu versorgen. Fig. 5 zeigt das 12. Segment des Tieres von hinten gesehen. Die linke Seite ist vollständig dargestellt, an der rechten wurde die Körperwand teilweise entfernt (*F* bezeichnet die entstandenen Schnittländer), so daß man in den dorsalen Blutsinus *d. B* blickt. Die Analanhänge sind gleichfalls nahe ihrer Basis durchschnitten und entfernt worden, so daß die mit *Zu*, *Au* und *Zo*, *Ao* bezeichneten Gebilde ihre Ansatzstellen an die Körperwand darstellen. Das Fenster in der Körperwand entfernt die eine Hälfte (*Ao*) des rechten oberen Analhangs. Zunächst haben wir uns nur mit den unteren Analanhängen (*Zu*, *Au*) zu beschäftigen. Innerhalb der Analanhänge selbst verläuft eine Membran, ganz ähnlich wie in den Tubuli. Dies geht klar aus den Figg. 8 und 9 hervor, die einen Analhang im Längs- und Querschnitt zeigen. *M* stellt die Membran dar, die den Anhang seiner

ganzen Länge nach halbiert und so die in Fig. 5 mit *Z* und *A* bezeichneten Gefäße schafft. Das in Fig. 8 links von der Membran gelegene „Gefäß“ würde dem in Fig. 5 mit *Zu*, das rechts von der Membran gelegene dem mit *Au* bezeichneten entsprechen. Obere und untere Analanhänge gleichen sich in ihrer Organisation und in ihren äußeren Umrissen vollständig. Am distalen Ende der Analanhänge besteht gleichfalls eine halbkreisförmige Kommunikation zwischen den beiden Gefäßen *Z* und *A*. (Der Schnitt Fig. 8 trifft diese nicht, da er zu weit nach der Seite des Anhangs verschoben liegt.) Bis auf diese Verbindung sind die beiden Gefäße im Analanhang ihrer ganzen Länge nach durch die feste Verwachsung der Membran (Fig. 9 *M* mit *Hyp*) mit der Hypodermis getrennt. Wie wir aus Fig. 5 sehen, führt die mit *Zu* bezeichnete Öffnung in den ventralen Blutsinus und ist durch den Verlauf der Membran *M* vollständig vom dorsalen getrennt, mit dem aber die Öffnung *Au* in Verbindung steht. Es kann also auch hier nur Blut aus dem ventralen in den dorsalen Sinus gelangen, nachdem es den Analanhang in seiner ganzen Länge durchlaufen hat. Wir haben also auch hier, ganz wie in den Tubuli, ein zuführendes (*Zu*) und ein abführendes (*Au*) Gefäß. Die Strömungsrichtung in den unteren Analanhängen ist in Fig. P eingezeichnet.

Nun bleiben uns nur noch die oberen Analanhänge und ihre Blutbahn zu besprechen. In Fig. 3 sehen wir die Einrichtung vor uns, die das Blut zwingt, zunächst in das hintere Haftfüßchen (*h. H*) zu gehen. Die Membran bildet hier einen Trichter (Fig. 3, 4, 5 *T*), dessen weites Ende mit dem ventralen Blutsinus kommuniziert, dessen enges Ende frei in dem hinteren Haftfüßchen mündet (Fig. 3, 4, 5 *Oe*). Ein anderer Eintritt als durch den Trichter ist dem Blute infolge der festen Verwachsung der Trichterränder mit der Körperwand nicht möglich. Wäre nun keine weitere Einrichtung getroffen, so könnte das Blut jetzt aus dem Füßchen direkt in den dorsalen Blutsinus übergehen, wie es nach der Darstellung in Fig. 3 ja ohne weiteres möglich wäre. Um dies zu verhindern, setzt sich an der in Fig. 3 mit *G*₂ bezeichneten Stelle noch eine sekundäre Membran an den Trichtergrund an, die in Fig. 4 als *S. M* bezeichnet und dargestellt ist. Sie verwächst auch allseitig fest mit der Körperwand, wie aus der völligen Dunkelheit der rechten Seite des dorsalen Blutsinus *d. B* in Fig. 5 auch zu entnehmen ist. Dem Blute bleibt somit nur eine Möglichkeit, aus dem Füßchen auszutreten, nämlich durch die Öffnung *Zo* in Fig. 5. Diese wird umgrenzt dorsal.

ventral und lateral von der Körperwand, medial von der Sekundärmembran *S. M.*, wie aus Fig. 5 wohl deutlich hervorgeht. Durch diese Öffnung *Zo* sieht man auf die Sekundärmembran in dem oberen Teile des hinteren Haftfüßchens. Der die Öffnung *Zo* medial begrenzende Teil der Sekundärmembran setzt sich in den oberen Analanhang fort und teilt auch ihn, ganz wie schon für den unteren beschrieben, in zwei Gefäße *Zo* und *Ao*. *Zo* steht also über das Füßchen durch den Trichter mit dem ventralen, *Ao* direkt mit dem dorsalen Blutsinus in Verbindung. Der unmittelbare Zusammenhang der mit *Ao* bezeichneten Öffnungen mit dem dorsalen Blutraum geht auch aus der linken Seite der Fig. 5 hervor, wo man durch *Ao* in den dorsalen Blutsinus *d. B* blicken kann, während *Zo* völlig dunkel erscheint, da das Füßchen auf dieser Seite nicht geöffnet ist. Auch hier haben wir also ein zuführendes und ein abführendes Gefäß *Zo* und *Ao*. Die Strömungsrichtung in dem hinteren Haftfüßchen und dem oberen Analanhang ist gleichfalls in Fig. P veranschaulicht.

In den übrigen Segmenten war es mir nicht möglich, eine derartig regulatorisch tätige Membran aufzufinden. Das Blut circulierte hier vielmehr völlig frei zwischen den Organen. Dies wird auch durch folgenden einfachen Versuch bestätigt. Sticht man die Tiere an einem Segment außer am 11. und 12. an, so entleeren sich alle Segmente mit Ausnahme dieser beiden vollständig. Im 11. und 12. Segment entleert sich entsprechend dem Membranverlauf nur der ventrale Blutsinus, der dorsale bleibt prall gefüllt, da nach dem Anstechen und Auslaufen der Tiere die Herztätigkeit sofort aussetzt und damit ein Entleeren des dorsalen Blutsinus unmöglich wird.

Um eine Bestätigung der eben mitgeteilten Ergebnisse zu erhalten, injizierte ich einigen Tieren eine mit eingeriebener schwarzer Tusche angefärbte Kochsalzlösung. Auf diese Weise konnte ich die Tiere noch 4 Stunden am Leben erhalten und die vorher unsichtbare Blutbahn verfolgen. Dabei zeigte sich, daß die Tuschekörnchen das Circulationssystem genau in der oben beschriebenen und vorausgesagten Richtung durchliefen.

Zum Schluß sollen die Ergebnisse noch einmal zusammengefaßt werden. Die Blutströmung erfolgt in allen Segmenten mit Ausnahme des 11. und 12. frei, d. h. ohne regulierende Membranen. Die einzigen regulierenden Momente mögen hier in den einzelnen Organen und dem weitverzweigten Fettkörper gegeben sein. Das Blut tritt aus der trompetenrohrähnlichen Erweiterung der Aorta im Kopf

aus, sammelt sich an der Ventralseite in dem Blutsinus und strömt infolge der saugenden Wirkung der Herzkammer caudalwärts bis in das letzte, 12. Segment. Im 11. Segment teilen sich jederseits zwei Ströme ab (Fig. P), die den Weg über die Tubuli zum dorsalen Blutsinus nehmen und so direkt in das Herz gelangen. Die bei weitem größte Blutmenge fließt caudalwärts weiter und tritt in die Trichter der beiden hinteren Haftfüßchen ein. Ein Teil zweigt vorher zu den unteren Analanhängen ab, um nach deren Durchlaufen in den dorsalen Blutsinus zu gelangen. Der wiederum größere Teil des Blutes durchfließt die Trichter der hinteren Haftfüßchen und dann infolge der Zwischenhaltung der sekundären Membran die oberen Analanhänge, um auf diesem Wege in den dorsalen Blutsinus zu gelangen. Im caudalen Teile des dorsalen Sinus vereinigen sich die Ströme aus den unteren und oberen Analanhängen und fließen gemeinsam cranialwärts nach der Herzkammer. Durch deren Kontraktion wird das Blut aus dem dorsalen Sinus in die Aorta gepreßt und beginnt damit seinen Kreislauf von neuem. Man erkennt, es gelangt kein Blut in den dorsalen Sinus, ohne vorher Tubuli oder Analanhänge durchlaufen zu haben, eine Tatsache, auf deren Feststellung ich großen Wert lege. Bei *Chironomus gregarius* besteht also in den hinteren Segmenten ein vollständig geschlossener Kreislauf, dessen Zustandekommen nicht wie gewöhnlich durch ein Röhrensystem, sondern durch ein System ausgespannter Membranen bedingt wird.

Jetzt wird auch die Notwendigkeit der vorhandenen Herzorganisation verständlich. Die beiden Ostienpaare liegen, wie wir schon vorhin sahen, innerhalb des dorsalen Blutsinus. Ein weiteres Auftreten von Ostien außerhalb desselben würde die ganze Einrichtung zur Erzielung eines zwangsläufigen Blutstromes durch die Anhänge der beiden letzten Segmente illusorisch machen. Das Blut würde dann in den vorderen Segmenten sofort vom Herzen wieder angesaugt werden, ohne durch die der Durchströmung einen viel größeren Widerstand entgegensetzenden Anhänge des 11. und 12. Segments zu fließen.

Die durch die Membran tretenden Muskeln sind fest mit ihr verwachsen, lassen also mit ihrem Durchtritt keinerlei den Kreislauf störende Momente entstehen.

Auch die Notwendigkeit der Zwangsläufigkeit der Retractoren in den hinteren Haftfüßchen leuchtet jetzt ein. Würde sich nur ein Füßchen zusammenziehen können, so würde die ganze Blutmenge

durch das Kreislaufsystem des anderen gepreßt werden. Damit würde aber an diesen Stellen ein sehr starker Überdruck erzeugt, der an den dünnen Membranen leicht Zerstörungen anrichten könnte. Bei gleichzeitiger Kontraktion der beiden Füßchen ist eine Überlastung des Kreislaufes der einen Seite natürlich vollkommen ausgeschlossen.

Es soll noch bemerkt werden, daß die geschilderte Membran nicht identisch mit der Pericardialmembran ist. In allen Segmenten außer dem 11. und 12. findet sich, wie schon erwähnt, ein einheitlicher Raum. Eine bei den meisten Insecten vorhandene Teilung dieses Körperraumes in einen dorsalen und einen ventralen Raum durch die Pericardialmembran und die Flügelmuskeln findet also hier nicht statt, vielmehr fehlt die Pericardialmembran vollständig.

Mit der Auffindung der den Kreislauf regulierenden Membran ist ein vollständig neuer Gesichtspunkt gewonnen worden. Bis jetzt sind nur einzelne Membranen von BERLESE beschrieben, der bemerkt, daß die durch sie gebotenen Verhältnisse sehr verwickelt seien. Er führt ein Pericardialeptum, ein Septum neurale und ein Peritoneum splanchnicum an, ohne viel über deren Funktion mitteilen zu können. Außerdem sind aus den Extremitäten und Antennen der Insecten trichterförmige Röhren bekannt, die eine gleiche Wirkung ausüben wie die Trichter in den hinteren Haftfüßchen. Damit sind unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand erschöpft.

Die Tatsache einer gesetzmäßigen Blutcirculation ist von CARUS 1827 erwähnt. Er hat sie bei den Larven „netzflügeliger“ Insecten beobachtet, besonders an Libellenlarven. Die Beobachtung gestaltet sich hier sehr einfach, da man die Blutbahn durch die Bewegung der vorhandenen großen Leucocyten leicht bestimmen kann. Eine Regulationseinrichtung der Blutströmung erwähnt aber CARUS nicht.

2. Der Fettkörper.

Morphologie, Histologie und physiologische Bedeutung.

Ehe wir uns der Histologie des Circulationssystems zuwenden können, soll aus Gründen der Übersichtlichkeit die Histologie des Fettkörpers behandelt werden. Da aber auch über dessen Morphologie noch keine genauen Angaben vorhanden sind, soll zuvor eine kurze morphologische Beschreibung folgen.

Beim Betrachten einer Larve auf dem 2. oder 3. Häutungsstadium fällt uns der Fettkörper sofort als ein aus grünlichen

Strängen bestehendes Netzwerk auf, das unmittelbar unter dem Integument des Tieres liegt. Diesen wollen wir, zum Unterschiede von einem tiefer im Körper gelegenen, etwas anders organisierten inneren, als äußeren Fettkörper bezeichnen.

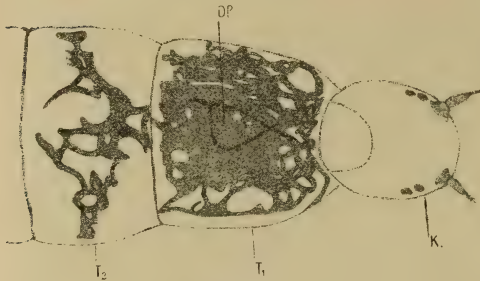


Fig. Q.

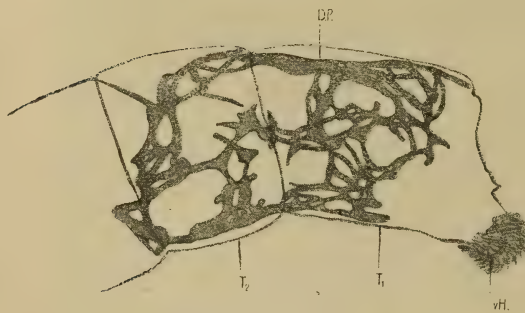


Fig. R.



Fig. S.

Fig. Q. Fettkörper im 1. u. 2. Thoracalsegment (dorsal). Tier im 3. Häutungsstadium. Nach dem Leben. 90:1. *D. P* Dorsalplatte. *K* Kopf. *T*₁ 1., *T*₂ 2. Thoracalsegment.

Fig. R. Dasselbe (lateral). Tier im 3. Häutungsstadium. Nach dem Leben. 60:1. *v. H* vorderes Haftfüßchen. Übrige Bezeichnungen wie Fig. Q.

Fig. S. Dasselbe (ventral). Tier im 3. Häutungsstadium. Nach dem Leben. 90:1. Bezeichnungen wie in Fig. Q u. R.

MIALL u. HAMMOND behaupten, dieser äußere Fettkörper bestehe aus einzelnen segmentweise wiederkehrenden Abschnitten, die völlig voneinander getrennt seien. Diese Behauptung ist nur teilweise richtig; denn eine gewisse segmentale Anordnung ist vorhanden, doch sind die einzelnen Abschnitte alle, wie wir sofort sehen werden, zum mindesten an der Ventralseite des Tieres untereinander verbunden.

Die Anordnung der Stränge ist sehr variabel; das hängt mit der äußerst lockeren Aufhängung und der dadurch bedingten starken Verschiebbarkeit der Stränge gegeneinander zusammen. Eine Bewegung des Tieres kann also schon eine Veränderung in der Anordnung der einzelnen Stränge veranlassen. Die Aufhängung des Fettkörpers wird durch feine Fädchen bewirkt, in die einzelne Stränge auslaufen. Sie inserieren meist am Integument des Tieres. Die quantitative Verteilung des Fettkörpers auf die einzelnen Segmente bleibt bei den entsprechenden Häutungsstadien ziemlich konstant.

Die Besprechung der einzelnen Abschnitte des Fettkörpers nehmen wir am besten an der Hand der Figg. Q—U vor. Ein Blick auf diese Abbildungen zeigt, daß schon in der Larve die 3 Thoracalsegmente den Abdominalsegmenten gegenüber eine Sonderstellung bezüglich der Anordnung des Fettkörpers einnehmen. Diese besteht darin, daß der Fettkörper zwischen je 2 Thoracalsegmenten außer der auch in den Abdominalsegmenten vorhandenen ventralen Verbindung eine innige laterale und eine etwas lockere dorsale zeigt (vgl. Fig. Q, R, S). Außerdem ist die ventrale Verbindung der Fettkörper zweier Thoracalsegmente viel inniger als die zwischen 2 Abdominalsegmenten (Fig. S u. U v. L. S). Immer findet sich die stark ausgebildete Dorsalplatte (Fig. Q, R D. P) im 1. Thoracalsegment wieder. Die starke Ausbildung des Fettkörpers gerade in diesem Segment hat wahrscheinlich denselben Grund wie die Erhaltung der letzten Reste des Tracheensystems an gleicher Stelle. Hier vollziehen sich bei der Verpuppung die stärksten Umwälzungen, deshalb muß für eine besonders gute Ernährung gesorgt sein. Die Verbindung der Fettkörper im 2. und 3. Thoracalsegment gestaltet sich der für das 1. und 2. beschriebenen sehr ähnlich. Sie ist auch deshalb in den Figuren nicht besonders dargestellt. Eine Dorsalplatte wie im 1. Segment wird in den beiden anderen nie ausgebildet.

Der Fettkörper in einem der 7 ersten Abdominalsegmente stellt sich als aus 2 halben Zylindermänteln bestehend dar, die etwa der Körperoberfläche parallel verlaufen (vgl. Fig. T, U). Im Gegensatz zu den Fettkörpern der Thoracalsegmente sind die des Abdomens dorsal und lateral voneinander getrennt. Nur ventral besteht zwischen den Fettkörpern je zweier benachbarter Segmente eine schmale, aus 2 einander fast parallel verlaufenden Strängen gebildete Verbindung (Fig. U v. L. S). Im allgemeinen ist ventral und

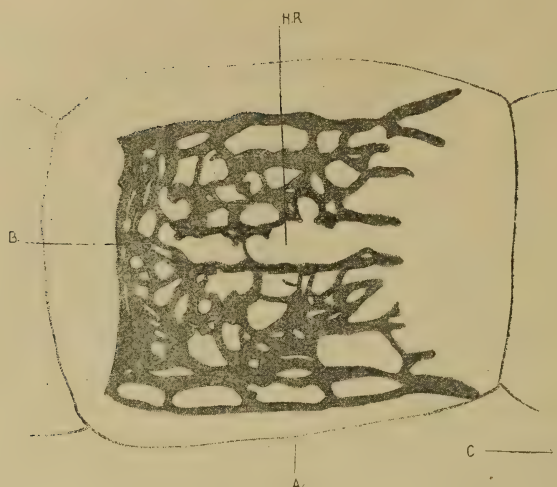


Fig. T.

Fettkörper im 6. Abdominalsegment (dorsal). Tier im 3. Häutungsstadium.
Nach dem Leben. 90:1.

A, 6. Abdominalsegment. *B* Brücke von Fettkörpersträngen zwischen den beiden Lateralplatten. *c* cranial. *H. R* Stelle, unter der die Aorta liegt.

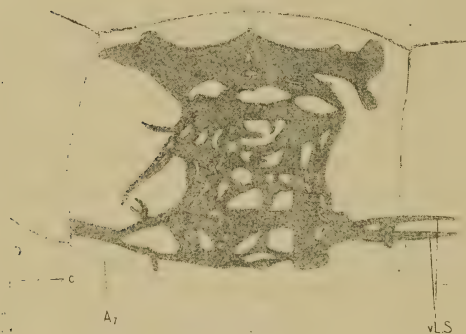


Fig. U.

Fettkörper im 7. Abdominalsegment (lateral). Tier im 3. Häutungsstadium. Nach dem Leben. 90:1.

A, 7. Abdominalsegment.
c cranial.
v ventral.
v. L. S ventrale Längsstränge.

lateral der Fettkörper über je 1 Segment ziemlich gleichmäßig verteilt. Nur die Dorsalseite zeigt eine Besonderheit. Kopfwärts sind die beiden Zylinderhälften vollständig voneinander getrennt, nur analwärts besteht zwischen ihnen eine lockere Brücke von Strängen (Fig. T *B*). In dem zwischen den beiden Fettkörpermänteln ausgesparten Spalt (Fig. T *H. R*) verläuft die Aorta.

Eine dorsale und laterale Verbindung zwischen den Fettkörpern des 3. Thoracal- und des 1. Abdominalsegments besteht nicht,

sondern hier findet sich nur die ventrale vor, wie sie eben für die Abdominalsegmente beschrieben wurde.

Auffällig ist, daß im 8. und 9. Abdominalsegment, vom Kopf fortlaufend bezeichnet also im 11. und 12. Segment, nie ein Fettkörper in dieser typischen Anordnung auftritt. Dies sind die beiden Segmente, die von der im vorigen Abschnitt besprochenen Membran eingenommen werden, welche im Leben die gleiche grüne Farbe besitzt wie der äußere Fettkörper. Auf diese Tatsache muß ich noch einmal zurückkommen.

Fassen wir die Mitteilungen über den äußeren Fettkörper noch einmal kurz zusammen, so ergibt sich:

1. Ventral sind alle Fettkörpermassen der Segmente 1—10 verbunden, die der Thoracalsegmente inniger, die der Abdominalsegmente nur durch 2 einander parallel verlaufende Stränge.

2. Lateral und dorsal besteht nur zwischen den Fettkörpermassen des 1. und 2. sowie des 2. und 3. Thoracalsegments eine Verbindung.

3. Der Fettkörper des 1. Thoracalsegments bildet stets eine Doppelplatte aus.

4. Im 11. und 12. Segment des Tieres fehlt stets der äußere Fettkörper in seiner typischen Ausbildung.

Der äußere Fettkörper zeigt schon kurze Zeit nach dem Schlüpfen seine typische Ausbildung, wie ich an etwa 8 Tage alten Tieren feststellen konnte. Er besitzt nur noch nicht die starke grüne Färbung wie bei den Larven auf dem 3. Häutungsstadium, da er noch nicht in dem Maße mit Reservestoffen angefüllt ist.

Über den inneren Fettkörper ist nicht viel zu sagen. Er wird durch 4 etwas tiefer im Körper liegende lange, schmale Bänder dargestellt, die um den Darmtractus herumliegen. Diese Bänder durchziehen das Tier vom 4. bis zum 10. Segment; im 11. und 12. Segment fehlt auch dieser innere Fettkörper. Zu erwähnen wäre noch, daß er unter den Segmentgrenzen durchläuft, ohne eine Einschnürung zu zeigen, er ist also in seiner ganzen Länge ansegmentiert.

Histologisch stellen sich beide Fettkörper als Syncytien dar, da man weder im Gewebe des äußeren noch in dem des inneren scharfe Zellgrenzen unterscheiden kann. Die Fettzellen selbst sind stark vacuolisiert, wie aus den Figg. 10—13 Z. V hervorgeht. In diesen Vacuolen sammelt sich das Fett in Tropfenform an, wie man an den mit Osmiumsäure behandelten Präparaten (Fig. 11, 13 o. F) sehr

deutlich sieht. Die Vacuolen werden von feinen, dünnen Plasmasträngen (Fig. 10–13 *P.S.*) gegeneinander abgegrenzt. Die mittelgroßen, stark chromatinhaltigen Kerne (Fig. 10–13 *K*) sind in reichlicher Anzahl vorhanden.

Äußerer und innerer Fettkörper sind also histologisch nach demselben Prinzip aufgebaut, nur ein Größenunterschied läßt sich zwischen den Bausteinen beider Fettkörper feststellen. Aus einem Vergleich der Figg. 11 und 13, die bei gleicher Vergrößerung gezeichnet sind, geht hervor, daß die histologischen Elemente des inneren Fettkörpers viel größer, etwa doppelt so groß, sind wie die des äußeren. Dadurch ist bei der gleichen Anordnung der histologischen Elemente auch die größere Dickenentwicklung des inneren Fettkörpers bedingt.

Anschließend noch eine kurze histologische Bemerkung über die Aufhängefäden des Fettkörpers. Aus Fig. 10 *A.F.* geht hervor, daß diese Aufhängefädchen lange, spitze Ausläufer einer einzigen Zelle sind, die an der Peripherie des Fettkörpers gelegen ist.

Die physiologische Bedeutung der Fettkörper liegt wohl vor allem darin, Reservestoffe während des Larvenlebens aufzuspeichern, von denen das Tier als Puppe und Imago leben kann, denn die Imago ist infolge der rudimentären Mundteile und des rudimentären Darmtractus nicht fähig, Nahrung aufzunehmen.

Mit der begrenzten Energiemenge, die dem Tiere aus den eben angeführten Gründen von der Verpuppung an zur Verfügung steht, ist wohl auch die kurze Lebensdauer der Mücke zu erklären, die, wie wir schon im biologischen Teil sahen, kurz nach der Eiablage abstirbt.

3. Histologie der Membran; Vergleich ihres histologischen Baues mit dem der Fettkörper. Histologie der Tubuli und Analanhänge.

Die Membran selbst besteht, ganz wie der Fettkörper, aus einem lockeren, stark vacuolisierten Gewebe. Betrachten wir die Figg. 14 und 15, die Flächen- und Querschnitt durch die Membran darstellen, so bemerken wir eine sehr weitgehende Übereinstimmung der histologischen Elemente mit denen der Fettkörper. Wir finden im Membrangewebe ähnlich aussehende Kerne (*K*), die gleichen Protoplasmastränge (*P.S.*), die auch hier Zellvacuolen (*Z.V.*) umgrenzen. Auch Fettkügelchen (Fig. 15 *o.F.*) werden innerhalb dieses Gewebes

ausgeschieden. Das Gesamtbild dieses Membrangewebes erinnert so stark an das des äußeren Fettkörpers, daß man unschwer eine Übereinstimmung im histologischen Aufbau dieser beiden Gewebe feststellen kann. Auch die physiologische Leistung beider Gewebe stimmt überein, wie aus dem Vorhandensein von Fettkügelchen im Membrangewebe hervorgeht. Nur ein wenn auch nicht sehr durchgreifender Unterschied besteht zwischen der Gestalt der Zellelemente der Membran und des äußeren Fettkörpers. Die Zellen des äußeren Fettkörpers zeigen alle eine ziemlich regelmäßig polygonale Gestalt (vgl. Fig. 10), während die der Membran stark in einer Richtung verlängert sind (Fig. 14). Diese Verlängerung der Zellen findet nicht senkrecht zur Ebene der Membran, sondern nur in ihr statt. Damit erklärt sich auch die starke Flächenausbildung, die die Membran erhalten hat, sowie ihre geringe Dicke (vgl. Fig. 6 *M*).

Man würde wohl schon auf Grund der histologischen Befunde berechtigt sein, die Membran als einen Teil des äußeren Fettkörpers anzusprechen, der eine Funktionserweiterung erfahren hat. Diese besteht eben darin, regulatorisch auf die Circulationsströmung zu wirken. Für diese Annahme spricht aber außerdem noch:

1. die schon im vorigen Abschnitt erwähnte Übereinstimmung der Farbe des Fettkörpers und der Membran im Leben.
2. das völlige Fehlen eines typisch ausgebildeten Fettkörpers im 11. und 12. Segment, also dort, wo die Membran liegt.
3. daß ich in einem Falle ein Tier beobachten konnte, dessen Trichterwand in einem der hinteren Haftfüßchen eine große Masche aufwies, wie sie normalerweise im äußeren Fettkörper vorhanden sind.

Alle diese Punkte stützen die obige Behauptung wohl genügend, daß die Membran als ein Teil des äußeren Fettkörpers anzusehen ist.

Sehr interessant war mir eine Mitteilung bei MIALL u. HAMMOND, die gleich in diesem Zusammenhange erwähnt werden soll. MIALL faßt die vorderen und hinteren Haftfüßchen als Reste einer ursprünglich gleichmäßig um das Segment herumlaufenden Falte auf. Zum Beweise dieser Auffassung führt MIALL an, daß auch Larvenformen vorkommen, die mehr als 2 Füßchen an demselben Segment tragen; MIALL fand bis 4 an einem. Für mich ist diese Auffassung von der Entstehung der Haftfüßchen insofern wichtig, als sie ganz gut erklärt, wie der zur Membran umgewandelte Fettkörper in das Haftfüßchen verlagert werden und hier einen Trichter bilden konnte. Sind die Haftfüßchen Reste einer ursprünglich das ganze Segment

gleichmäßig umziehenden Falte, so konnte bei der Faltenbildung recht wohl der Fettkörper an dieser teilnehmen. Der Schritt von einer Fettkörperfalte zu einem völligen Zusammenschluß der Faltenränder zu einem Trichterrohr ist nicht so groß, daß er nicht möglich wäre.

Kurz soll noch erwähnt werden, daß sowohl der Trichter im hinteren Haftfüßchen als auch die Membran im 12. Segment durch Bindegewebe dorsal am Integument locker aufgehängt ist. Die in diesem Gewebe auftretenden Zellen sind von bipolarer Gestalt. Das Gewebe selbst ist jedoch so weitmaschig, daß die Blutcirculation nicht im geringsten durch seine Gegenwart beeinflusst wird.

Von Interesse ist schließlich noch ein Schnitt durch die Verwachsungsstelle von Membran und Hypodermis. Ich gebe zur Erläuterung dieser Verhältnisse Fig. 16. Man sieht, daß kurz vor der Verwachsungsstelle (*a*) die Membran ihr stark vacuolisiertes, dem äußeren Fettkörper ähnliches Aussehen verliert. Es entsteht auf diese Weise ein kompakter gebautes Zwischenstück (*Z*), das in seiner histologischen Beschaffenheit viel mehr an Hypodermis- als an Fettgewebe erinnert. Über die Herkunft dieses Zwischenstückes kann ich aber nur Vermutungen aussprechen. So ist es mir nicht unwahrscheinlich, daß es eine Falte der Hypodermis darstellt, die der Membran entgegengewuchert ist und sich mit ihr vereinigt hat. Einwandfrei zeigt aber Fig. 16 die lückenlose Verwachsung zwischen Membran und Hypodermis, die für das Zustandekommen des Blutkreislaufes äußerst wichtig ist.

Die Umlagerung des Fettkörpers zur Membran im 11. und 12. Segment kann auf zweierlei Weise zustandekommen:

1. der Fettkörper legt sich zur eigenen Befestigung an eine schon vorhandene, etwa bindegewebige Membran an, oder

2. der Fettkörper nimmt die Lageveränderung ohne schon vorhandenes Stützgewebe vor.

Sicher kann diese Frage nur durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen entschieden werden. Doch ist mir die unter 2. ausgesprochene Anschauung wahrscheinlicher, da sich keinerlei histologische Elemente nachweisen lassen, aus denen das Vorhandensein der unter 1. geforderten bindegewebigen Membran gefolgert werden dürfte. Auch die abweichende Ausbildung der Membran in den Tubuli und Analanhängen, auf die wir gleich zu sprechen kommen, erlaubt keinerlei Schlüsse zugunsten der Ansicht 1. Hier handelt es sich wahrscheinlich um von der Hypodermis der Anhänge ab-

stammende Gebilde, die ganz ähnlich entstehen können wie das in Fig. 16 erwähnte Zwischenstück (*Z*). Mit Sicherheit aber ist auch hier ohne exakte Forschung nichts auszusagen.

Nun noch einige kurze Bemerkungen über die Histologie der Analanhänge und der Tubuli.

Wir beginnen mit der Besprechung der Analanhänge, da sie die größten histologischen Besonderheiten zeigen. Bei der Betrachtung von Schnitten (Fig. 8, 9) fällt das ungewöhnliche Verhältnis der Dicke der Hypodermis zu der der Cuticula auf. Die in Fig. 8 mit *C* und *Hyp* bezeichneten Stellen veranschaulichen die normale Dicke von Hypodermis und Cuticula. Sobald beide Schichten auf den Analanhang übergreifen, wird die Cuticula um ein geringes dünner, die Hypodermis (H_1) aber um das 2—3fache dicker als unter normalen Verhältnissen. Auch die normalen Hypodermiskerne werden im Analanhang durch sehr wenige, aber besonders große, mit reichlichem Chromatin versehene Kerne (K_1) ersetzt. Sie haben durchschnittlich eine Größe von $15\ \mu$, ebenso wie die Kerne im Chylusdarm und in den Speicheldrüsen. Diese Tatsache ist für die Beurteilung der physiologischen Leistung der Analanhänge von Wichtigkeit. Ähnlich stark entwickelte Kerne werden von HEADLER in den „Blutkiemen“ von *Simulium pictipes* beschrieben, in den Anhängen von Tachiniden von PANTEL und in den Analkiemen der Larven von *Glossoma boltoni* von THIENEMANN.

Die in den Analanhängen verlaufende Membran zeigt ebenfalls einige dieser riesig entwickelten Kerne (K_m). Im übrigen ist sie völlig strukturlos und homogen ausgebildet. Erst einige Zeit nach dem Eintritt in das eigentliche Segment zeigt sie Fettkörperstruktur. Nach dem Querschnitt (Fig. 9) ist ihre Entstehung wohl so aufzufassen, daß sich von den beiden gegenüberliegenden Seiten der Wand her Falten gebildet haben, die sich in der Mitte des Anhangs vereinigten. Diese Auffassung der Membranbildung in den Anhängen wird noch gestützt durch das Vorhandensein der gleichen Kernelemente in Hypodermis (K_1) und Membran (K_m). Bei den zur Zeit der Faltenbildung auftretenden Wachstumsvorgängen wird es wahrscheinlich zu Kernteilungen kommen, und zwar so, daß das eine Teilungsprodukt dann in die Falten zu liegen kommt und hier nach der Verwachsung beider Falten die späteren Kerne (K_m) bildet.

In den Tubuli (Fig. 6 u. 7) vermissen wir sofort die großen Kerne der Analanhänge. Die in den Tubuli auftretenden Kern-

elemente (Fig. 7 *K*) sind kaum von den normalen Hypodermiskernen zu unterscheiden. Gemeinsam mit den Analanhängen kommt den Tubuli die starke Verdickung der Hypodermis (*Hyp*) zu und eine beträchtliche Verringerung des Cuticulardurchmessers (Fig. 7 *C*) in den distalen Teilen, wie ein Vergleich der in Fig. 6 und 7 mit *C* bezeichneten Schichten zeigt. Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß der Querschnitt (Fig. 7) etwas schräg geführt ist, also die Cuticula noch etwas stärker erscheinen läßt, als sie hier in Wirklichkeit ist. Der Unterschied in der Schichtdicke der Cuticula und der Hypodermis tritt aber in dieser Figur deutlich hervor.

Die Membran (*M*) ist innerhalb des Tubulus ebenfalls sehr dünn und nimmt auch ihren fettkörperartigen Charakter erst nach dem Eintritt in das Segment an, was auf eine ähnliche Bildungsweise schließen läßt, wie sie oben für die Membran der Analanhänge beschrieben wurde. In ihr liegen einzelne Kerne (Fig. 7 *Km*) verstreut, die den Hypodermiskernen der Tubuli gleichen, somit also auch keine Besonderheit aufweisen. Auf das schon vorn besprochene Stützgerüst (Fig. 7 *St*) brauche ich hier wohl nur zu verweisen.

4. Das Blut.

Wie wir schon am Ende des Abschnitts über die Morphologie der Membran gesehen haben, ist ohne Hilfsmittel ein Strömen der Blutflüssigkeit im Körper nicht festzustellen. Der Grund dafür ist das fast völlige Fehlen der leucocytenartigen Elemente in der Blutflüssigkeit. Man kann eine große Anzahl Tiere sehr eingehend beobachten, ehe man ein vereinzelt kleines Gebilde entdeckt, das im Blutstrom zu treiben scheint. In den meisten Fällen gelingt es aber nicht einmal, derartige vereinzelt Elemente nachzuweisen. Dieser Befund steht im Widerspruch mit der von MIALL u. HAMMOND angegebenen Beobachtung, die besagt, daß die Forscher in den von ihnen bearbeiteten Larven „fädchenförmige Blutkörper“ gefunden haben, die sie auch in ihrem Werke in fig. 29 abbilden. Diese Blutkörperchen sollen in den ventralen Blutkiemen (Tubuli) eine amöboide Gestaltsveränderung erfahren und hier breit und flächhaft werden. Der Widerspruch löst sich vielleicht so, daß MIALL u. HAMMOND eine andere Art von *Chironomus* zur Untersuchung heranzogen, die sie auch als *Chironomus dorsalis* bezeichnen. Doch erschien ihre Arbeit zu einer Zeit, in der eine genaue Bestimmung der Larven noch nicht möglich war. Ob sie die Imagines zur Be-

stimmung heranzogen, ist nicht besonders bemerkt. Die Larve, die MIALL u. HAMMOND beschreiben, stimmt jedoch in den wesentlichen Punkten mit der von *Chironomus gregarius* überein. Mit Rücksicht auf diese Erwägungen muß ich das Ergebnis meiner oben mitgeteilten Beobachtung so formulieren, daß bei der von mir bearbeiteten Art die von MIALL u. HAMMOND beschriebenen Blutkörperchen so gut wie vollständig fehlen.

Wie wir schon im Abschnitt VI B sahen, hat das Blut nicht die Fähigkeit, einen Wundverschluß zu bilden. Es besitzt also keine Fibrine, was der Vollständigkeit halber noch einmal erwähnt sei.

Die auffälligste Eigenschaft des Blutes ist wohl seine starke Rotfärbung. Daß es sich tatsächlich um einen Blutfarbstoff handelt, geht daraus hervor, daß die Tiere nach dem Anstechen und nach dem Ausfließen des Blutes vollständig ablassen. Da dem Blute zellige Elemente so gut wie vollständig fehlen, muß der Farbstoff im Gegensatz zu den Wirbeltieren nicht an zellige Gebilde gebunden, sondern frei im Blutplasma gelöst sein.

Über die Natur des Farbstoffes liegen in der Literatur zwei Angaben vor:

1. ROLLET schreibt in seiner 1861 erschienenen Arbeit „Zur Kenntnis der Verbreitung des Hämatins“, daß er Larven in Regenwasserbottichen gefangen habe, die durch ihre rote Farbe auffielen. Er untersuchte dann deren Blut näher. Es zeigte sich als dichroitisch in wässriger Lösung und zwar in dicken Schichten rot, in dünnen grün. Der Dichroismus nahm nach Einleiten von Wasserstoff oder Kohlensäure zu. Der auf dem Wasserbade eingedampfte und mit Kalilauge aufgenommene und erwärmte Larvensaft zeigte auch Dichroismus. Aus geriebenen Larven erhielt ROLLET nach dem Trocknen unter Zugabe von Essigsäure und Kochsalz TEICHMANN'sche Blutkrystalle. Durch diese und noch einige andere unwesentliche Reaktionen, die ROLLET noch anstellte, wird einwandfrei gezeigt, daß dieser rote Blutfarbstoff mit dem Hämoglobin identisch ist.

2. LANKESTER bestätigt in einer eigenen späteren Arbeit die Resultate ROLLET's.

Um ganz sicher zu gehen, versuchte ich selbst aus dem Blute von *Chironomus gregarius* Hämatinkrystalle zu erzeugen. Ich stach auf einem Objektträger ein Tier an und ließ einen Tropfen Blut anstreuen. Es wurde dann Essigsäure und reines Kochsalz zugesetzt

und vorsichtig erwärmt. Beim Abkühlen schieden sich dunkelbraune Krystalle aus, deren photographische Wiedergabe ich als Fig. 17 beifüge. Zur Kontrolle wurde die gleiche Reaktion einigemal mit einem Tropfen Körperflüssigkeit von *Tanypus* angestellt, die keine rote Farbe besitzen. Eine Bildung von Hämatinkrystallen blieb, wie erwartet, aus. So ist es wohl statthaft, auf Grund dieser Untersuchungen, deren Ergebnisse sich mit den von ROLLET mitgeteilten in Übereinstimmung befinden, den roten Blutfarbstoff mit positiver Sicherheit als Hämoglobin anzusprechen.

Nach RAUBER-KOPSCH stimmen, im Gegensatz zu den Hämoglobinkrystallen, die Hämatinkrystalle von Tieren der verschiedensten Art soweit überein, daß krystallographisch das Hämatin der Wirbellosen von dem der Wirbeltiere nicht zu unterscheiden ist. Trotzdem versuchte ich, eine krystallographische Bestimmung der von *Chironomus gregarius* erhaltenen Hämatinkrystalle soweit durchzuführen, als es die Kleinheit der Krystalle gestattete, besonders da keinerlei genauere Angaben in dieser Richtung vorhanden waren.

Die Krystalle sind trotz ihrer Kleinheit — sie messen durchschnittlich $15,2\ \mu$ — noch recht gut ausgebildet, so daß man sogar imstande ist, die Auslöschung zu bestimmen. Dies ist immerhin überraschend, da man oft beobachtet, daß bei geringer Größe der Krystalle die Krystallisationskraft in ihrer Wirkung durch die entgegengesetzt wirkende Kraft der Oberflächenspannung stark beeinträchtigt wird. Dann kommt es meist nicht zur Abscheidung wohl ausgebildeter Krystalle, sondern es entstehen Gebilde von ganz unregelmäßigen Umrissen, die sich sogar sehr der Kugelgestalt nähern können.

Die rhombisch umrissenen Krystalle (Fig. 17) zeigen eine sehr starke braune Eigenfarbe, die auf den Eisengehalt des Hämatins ($C_{32}H_{32}N_4FeO_4$) zurückzuführen ist. Sie erweisen sich als stark doppelbrechend. Die Auslöschung in der einen Richtung der Fläche erfolgt parallel der kurzen Kante. Zur Längskante löschen die Krystalle schief aus, so daß diese Auslöschungsrichtung mit ihr einen Winkel von etwa 33° bildet. Ferner zeigen die Krystalle einen sehr starken Pleochroismus, und zwar erscheinen sie in der einen Stellung dunkelbraun, nach einer Drehung um 90° hellbraun. Die Elastizität ist wegen der starken Eigenfarbe der Krystalle nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Wahrscheinlich besitzt der Krystall in der Richtung der kurzen Kante die größere, in der Richtung senkrecht dazu die kleinere Elastizität. Zu bemerken wäre noch, daß die Krystalle stärker lichtbrechend sind als das Wasser. Das

Krystallsystem konnte nicht mit Sicherheit bestimmt werden, da ich nur die Auslöschungsrichtungen in einer Ebene beobachten konnte. Zur eindeutigen Bestimmung des Systems sind aber Beobachtungen auf 3 verschiedenen Krystallebenen nötig. Aus diesen Gründen kann ich nur aussagen, daß die Krystalle optisch zweiachsig sind. Die allgemein übliche Zurechnung zum rhombischen System ist mit Vorsicht aufzunehmen, da man diese Behauptung allem Anscheine nach nur auf den rhombischen Umriß der Krystalle stützt.

Die Erkenntnis, daß wir in dem roten Blutfarbstoff der Larven Hämoglobin vor uns haben, erklärt auch das starke Ausbleichen der Tiere bei Säuregegenwart (vgl. Abschnitt VI B). Das Hämoglobin wird durch Säuren zerstört und dadurch das Verblassen der Tiere bedingt. Daß auch sehr schwache Säuren genügen, den Blutfarbstoff zu zerstören, zeigt ein Versuch, in dem kräftig rote Tiere der Einwirkung einer sehr verdünnten Zitronensäurelösung ausgesetzt wurden. Nach 21,5 Stunden waren die Tiere vollständig ausgebleicht und abgestorben. Dem schrittweisen Ausbleichen der Tiere ging in diesem Versuche ein deutliches Mattwerden parallel, so daß das Verblassen nicht erst nach dem Tode eintrat. Kontrolltiere ohne Zitronensäure zeigten selbstverständlich keinerlei Veränderungen. Tiere, die unter normalen Bedingungen absterben, werden gleichfalls weiß, doch beginnt das Ausbleichen hier erst nach dem Eintritt des Todes. Diese Tatsache diente mir bei den im nächsten Abschnitt zu besprechenden Versuchen über die Wirkung der Sauerstoffentziehung als Hilfsmittel, von außen den Tod eines Tieres festzustellen. Auf Grund der eben mitgeteilten Erfahrungen ist das Ausbleichen der Tiere nach dem Tode unter natürlichen Bedingungen wohl auf das Auftreten saurer Zersetzungsprodukte im Innern des Tieres zurückzuführen.

Zur Untersuchung, ob die Blutflüssigkeit von *Chironomus gregarius* auch wirklich Gase enthält, wurde folgender Versuch angestellt.

Mit der Schere wurden etwa 10 vollrote Tiere im Uhrglase zerschnitten und der austretende Körperinhalt in ein Capillarrohr gesaugt. Dieses brachte ich in ein Bakterienbeobachtungsglas, wie es schon zu den Versuchen im Abschnitt VI C 2 b verwendet wurde. Während der Evacuierung mit der Wasserstrahlpumpe konnte man unter dem Mikroskop beobachten, daß sich mit der Zunahme der Verdünnung im Blute erst vereinzelte, dann aber sehr viel ineinander überfließende Gasblasen bildeten. Das Gas wurde schließlich in solchen Mengen ausgeschieden, daß die Körperflüssigkeit zu beiden

Seiten des Rohres herausgedrängt wurde. Damit ist gezeigt, daß das Blut von *Chironomus gregarius* die Eigenschaft, Gase aufspeichern zu können, im weitgehendsten Maße besitzt.

Um ein Vergleichsobjekt zu haben, wurde annähernd das gleiche Volumen gut durchlüfteten Wassers ebenso behandelt wie das Blut. Auch hier bildeten sich Luftblasen, die aber nicht in denselben Mengen auftraten wie bei dem mit Blut angestellten Versuch, obgleich das Wasser gut durchlüftet war. Ein Herausdrängen des Wassers aus der Capillare erfolgte nicht.

Annähernd gleiche Volumina Wasser und Blutflüssigkeit geben also unter der Wirkung eines gleich starken Unterdrucks sehr verschiedene Mengen Gas ab. Dies Ergebnis ist zunächst überraschend. Da bei konstanter Temperatur und bei Verminderung der Partialdrucke über Flüssigkeiten um den gleichen Betrag deren Absorptionsvermögen für die gleichen Gase um gleich viel sinken müßte, wäre zu erwarten, daß aus dem Wasser und dem Blut die gleichen Gasvolumina austreten. Der vom Blute gegenüber dem Wasser gelieferte Überschuß von Gas kann also nicht rein physikalisch absorbiert, sondern muß locker chemisch gebunden gewesen sein, d. h. es muß in der Blutflüssigkeit ein Stoff vorhanden sein, der die Eigenschaft besitzt, bei Normaldruck eine gewisse Gasmenge chemisch locker binden und bei Druckverminderung teilweise abgeben zu können. Dieser Forderung genügt das Hämoglobin, dessen Anwesenheit im Blute vorn nachgewiesen wurde. Mittels der Spektralanalyse hat man beobachten können, daß Oxyhämoglobin im Unterdruck unter Sauerstoffabspaltung in Hämoglobin übergeht. Die große Differenz zwischen der vom Wasser und vom Blute in obigen Versuchen abgetrennten Gasmenge wird also auch hier durch Zerfall des Oxyhämoglobins bedingt sein, dessen Aufgabe demnach auch bei den Larven von *Chironomus gregarius* darin besteht, die Aufnahmefähigkeit des Blutes für Gase bedeutend zu steigern.

Über die chemische Zusammensetzung der ausgetretenen Gase habe ich experimentell nicht gearbeitet. Dazu wäre eine sehr komplizierte Apparatur nötig gewesen. Doch ist einiges aus den obigen Ausführungen zu erschließen. Die im Blutplasma physikalisch absorbierten Gase werden vorwiegend Kohlensäure sein, deren gute Löslichkeit im Blute der Heuschrecken von KROGH nachgewiesen wurde. Daneben werden noch geringe Mengen Sauerstoff austreten. Der aus dem Oxyhämoglobin stammende Teil der Gasblasen wird vorwiegend Sauerstoff sein, so daß die freiwerdenden

Gase wesentlich wohl ein Gemisch von Sauerstoff und Kohlensäure darstellen, dem sich, aus den Tracheen stammend, noch geringe Mengen Stickstoff beimengen können.

Nachdem wir Einblick in das Verhalten der Blutflüssigkeit im Unterdruck gewonnen haben, können wir auch die Herkunft der im Versuche 1 (Abschnitt VI C b) durch Mund und After entweichenden Gasblasen erschließen. Diese müssen zum allergrößten Teile aus dem Blute stammen, da kein Grund vorliegt, ein anderes Verhalten des Blutes innerhalb der Larven anzunehmen. Daneben mag auch eine geringe Gasmenge aus dem Tracheensystem austreten.

Anschließend soll noch auf eine von SCHNEIDER erwähnte Tatsache eingegangen werden. Er teilt mit, daß große Larven „gleich nach dem Aufziehen aus dem Seeboden eine große Luftblase enthalten“. Seiner Ansicht nach handelt es sich dabei um das Freiwerden physikalisch absorbierter Gasmengen, denn er sagt: „Diese Luftblasen entstehen infolge des verminderten Druckes beim Steigen“ und an einer anderen Stelle: „Auf dem Boden von Seen ist der Gasgehalt des Wassers größer, da er mit zunehmendem Druck und sinkender Temperatur wächst.“ Die letzte Behauptung ist nicht haltbar, denn auf den Gehalt an physikalisch absorbierten Gasen hat die Größe des Wasserdruckes keinen Einfluß. Die absorbierte Gasmenge wird einzig und allein durch die Größe der Partiardrucke in dem Gasgemisch über dem Wasser bestimmt. Sie kann demnach am Seeboden höchstens gleich der an der Oberfläche absorbierten Menge sein, praktisch wurde sie meist sogar geringer gefunden (vgl. WINTERSTEIN, Vol. 1, 2. Hälfte, p. 4 ff.). Deshalb kann auch das beim Aufziehen der Larven austretende Gas nicht physikalisch absorbiert gewesen sein, es könnte sich sonst am Grunde nicht im Gleichgewicht mit der Umgebung befunden haben. Die vorderhand einzig mögliche, wahrscheinlichste Erklärung wäre die, daß die Gasblasen auch hier wie im Unterdruck aus dem Oxyhämoglobin stammen. Der einzige Unterschied zwischen den Versuchen im Unterdruck und dem Aufziehen der Tiefentiere besteht darin, daß im Unterdruck infolge der Verminderung der Partiardrucke auch die physikalisch absorbierten Gase austreten. In beiden Fällen findet aber eine Störung des betreffenden Gleichgewichtes durch Druckverminderung statt. Da das Oxyhämoglobin in beiden Fällen auf die Druckverminderung durch Abspaltung von Gas reagiert, kommt man zu dem Schluß, daß das Hämoglobin unter höherem Druck mehr

Gas zu binden vermag als bei gewöhnlichem oder vermindertem. Durch Adsorptionsvorgänge ist das Auftreten der Gasblasen beim Heraufziehen der Tiefentiere auch nicht zu erklären, denn diese sind als reine Oberflächenerscheinung vollständig vom Drucke unabhängig.

Auf eine überraschende Tatsache möchte ich noch hinweisen. Nach Herstellung des Normaldruckes wird das abgeschiedene Gas vom Wasser wieder restlos absorbiert, vom Blute dagegen nicht. Einen Parallelfall zu dieser Erscheinung teilte mir Herr Prof. SIEVERTS mit. Er fand, daß Palladium, welches unter Normaldruck große Mengen Gas absorbiert hatte, nach längerem Verweilen im Unterdruck nicht die geringste Menge der gleichen Gase mehr aufnehmen konnte. Welche Veränderungen am Palladium im Unterdruck vorgehen, können wir vorderhand noch nicht sagen. Ebenso unmöglich ist es, eine auch nur annähernd begründete Erklärung für das erwähnte ganz ähnliche Verhalten des Hämoglobins zu finden.

Unerklärt bleibt auch das in Abschnitt VI C b Versuch 1 und 2 besprochene verschieden rasche Absterben der Larven in entgastem Wasser und im Unterdruck. In beiden Fällen muß wohl ein Austritt von Sauerstoff aus dem Oxyhämoglobin erfolgen. Unter der Voraussetzung, daß im Unterdruck keine anderweitigen Schädigungen des Protoplasmas zustande kommen, müßte man schließen, daß das Oxyhämoglobin einen Teil seines Sauerstoffes rascher und plötzlicher im Unterdruck abgeben müßte als im entgasten Wasser. Da aber hierüber keinerlei experimentelle Grundlagen vorliegen, kann ich auch nicht näher auf dieses Problem eingehen.

Über die Zeit der ersten Ausbildung des Hämoglobins wurde schon im Abschnitt V c gesprochen. Den Zusammenhang von Hämoglobinausbildung und Phototropismus behandelt Abschnitt VI A. Über den Ort der Bildung des respiratorischen Farbstoffes ist es unmöglich auch nur einigermaßen begründete Vermutungen auszusprechen, deshalb möchte ich auch auf diese Frage nicht eingehen. Dagegen wurde der Einfluß der drei Faktoren Sauerstoff, Licht und Chlorophyll auf Zeit und Stärke der Hämoglobinausbildung untersucht.

Um den Beginn der Hämoglobinausbildung genau bestimmen zu können, muß man im auffallenden Licht beobachten. Im durchfallenden Licht bekommt man infolge des Dichroismus der Blutflüssigkeit leicht falsche Resultate, da sich das Eintreten der durch

große Verdünnung und geringe Schichtdicke bedingten äußerst schwachen Grünfärbung des Blutes gegenüber der intensiv grünen Farbe des Fettkörpers kaum mit Sicherheit feststellen läßt.

Mit meinen Befunden über die erste Ausbildung des Hämoglobins unter gewöhnlichen Bedingungen stimmt annähernd eine kurze Mitteilung ROLLET's überein, nach der Tiere von 3 mm Länge noch ungefärbt, Tiere von 5 mm aber schon rot seien.

Zunächst wurde der Einfluß von stark sauerstoffhaltigem Wasser auf die Hämoglobinbildung von Tieren untersucht, die auf dem 1., 2. und 3. Häutungsstadium unter die veränderten Bedingungen gebracht wurden, sowie von Tieren, die ich gleich unter veränderten Bedingungen schlüpfen ließ. Ein Einfluß auf die unter normalen Bedingungen geschlüpften Larven ließ sich nicht ausüben, dagegen besaßen die unter veränderten Bedingungen geschlüpften bei einer Größe von 5 mm, also jenseits der Mitte des 2. Häutungsstadiums, noch kein Hämoglobin. Die von Anfang an im sauerstoffgesättigten Wasser lebenden Larven bilden also den Blutfarbstoff viel später, als es unter normalen Bedingungen geschieht. Diese Feststellung ist insofern wichtig, als die Tatsache der Hämoglobinbildung bei *Chironomus gregarius* als Anpassungserscheinung an besonders ungünstige Atembedingungen aufzufassen ist, wie ich im Abschnitt VI D 5 noch ausführlich zeigen werde. Leider starb die Kultur vor Beendigung der Entwicklung aus. Doch ist schon hiernach mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß der Sauerstoffgehalt des Wassers einen Einfluß auf die Zeit der Hämoglobinausbildung auszuüben vermag.

Sehen wir von einer Steigerung des Sauerstoffgehalts ab, so ergeben sich noch die folgenden Versuchsanordnungen:

	Licht	Chlorophyll	Sauerstoff
1.	+	+	+
2.	+	—	+
3.	—	+	+
4.	—	—	+
5.	+	+	—
6.	+	—	—
7.	—	+	—
8.	—	—	—

Ein — bedeutet die Ausschaltung des betreffenden Faktors. Auf Versuche 5—8 komme ich in anderem Zusammenhange erst im Abschnitt 5 b zu sprechen.

Der Einfluß des Chlorophylls auf die Hämoglobinbildung mußte untersucht werden, da neuere Arbeiten gezeigt haben, daß Hämoglobin und Chlorophyll nahe verwandt sind. Beide enthalten den Pyrrolring, deshalb wäre es sehr gut denkbar, daß die Larve fähig ist, Hämoglobin aus Spaltstücken des Chlorophylls aufzubauen.

ROLLET stellt die Frage, ob das Hämoglobin nicht aus der aufgenommenen tierischen Nahrung stammen könne. Das ist aber nicht gut möglich, da bei dem Verdauungsprozeß auch das Hämoglobin zerstört werden würde, und tatsächlich röteten sich die Larven, auch wenn sie ROLLET von jeder tierischen Nahrung fernhielt.

Die Ausschaltung des Lichtes erreichte ich durch Überstülpen von schwarzen Pappkästen. Um den Einfluß der Belichtung während der Beobachtung auszuschalten, stellte ich Serienversuche an, aus denen jede Kultur nach einmaliger Beobachtung ausgeschaltet wurde. Die Belichtung der Eier nach der Ablage ist experimentell kaum zu vermeiden, blieb aber auch ohne Einfluß.

Als chlorophyllfreie Nahrung verwendete ich nach einigen Mißerfolgen mit geriebener roher oder gekochter Kartoffel Steinpilze, die gekocht und nach dem Trocknen möglichst zerrieben wurden. Diese wurden von den Larven auch zum Röhrenbau verwendet, so daß es nicht nötig war, zu diesem Zwecke noch ein besonderes Material hinzuzufügen.

Die Versuche 1—4 wurden an allen Entwicklungsstadien vorgenommen. Das Ergebnis läßt sich sehr kurz zusammenfassen.

Unter allen in Versuch 1—4 gebotenen Bedingungen wurde von allen Entwicklungsstadien Hämoglobin in normaler Menge zur normalen Zeit ausgebildet. Also haben die Larven zur Bildung des Blutfarbstoffes weder Chlorophyll noch Licht nötig. Das Chlorophyll kann somit bei diesem Prozeß auch nicht die wichtige Rolle spielen, die ich ihm erst zuschreiben wollte. Wir haben uns die Bildung des Blutfarbstoffes daher wohl so vorzustellen, daß in der Zeit zwischen dem Ausschlüpfen und dem Anfang des 2. Häutungsstadiums im Blute gewisse chemische, vielleicht pyrrolähnliche, Verbindungen entstehen, deren Vereinigung dann das Hämoglobin liefert.

Das Auftreten von Hämoglobin ist noch bei einigen anderen Evertebraten beobachtet worden. Es handelt sich dann sehr oft um Grund- oder Schlammbewohner. Eine Zusammenstellung findet man bei FÜRTH.

In den Versuchen 2 und 4 ließ sich ein besonders schnelles Wachstum feststellen. Die Tiere hatten nach 7 Tagen bereits eine

Länge von durchschnittlich 4,6 mm erreicht, standen also auf dem 2. Häutungsstadium. Nach 16 Tagen waren sie stark rot und hatten das 3. Häutungsstadium erreicht. Dieses äußerst schnelle Wachstum ist wahrscheinlich auf die günstigen, den Tieren sehr zusagenden Ernährungsbedingungen zurückzuführen.

5. Die physiologische Leistung des Respirations- und Circulationssystems.

a) Unter normalen Bedingungen.

In diesem Abschnitt kann ich mich ziemlich kurz fassen, da alles, was zum Verständnis nötig ist, schon in den Abschnitten vorher ziemlich ausführlich behandelt wurde. Ich beschränke mich deshalb darauf, die zur Erklärung der physiologischen Leistung des Systems nötigen Ergebnisse zusammenzustellen und daraus die erforderlichen Schlüsse zu ziehen.

1. Es kann kein Blut aus dem ventralen in den dorsalen Blutsinus gelangen, ohne einen der Analanhänge oder Tubuli durchlaufen zu haben (cf. VI D 1).

2. Eine Diffusion mit nachweisbarer Geschwindigkeit findet nur durch die Wandungen der Tubuli und Analanhänge statt. Die Geschwindigkeit, mit der die Diffusion durch das Integument des übrigen Körpers erfolgt, ist praktisch gleich Null zu setzen (cf. VI B).

3. Diese durch Analanhänge und Tubuli viel schneller stattfindende Diffusion von Stoffen findet ihre Erklärung in der beträchtlichen Dickenreduktion, welche die Cuticula an den erwähnten Stellen erfährt (cf. VI D 3).

4. In den Tubuli und Analanhängen wurde eine starke Verdickung der Hypodermis festgestellt, in den Analanhängen sogar das Auftreten besonders großer Kernelemente (cf. VI D 3).

5. Kohlensäure wird vom Blute sehr leicht aufgenommen (nach KROGH, 1912).

6. Im Blute findet sich Hämoglobin, eine Verbindung, die sehr leicht Sauerstoff aufnehmen kann (cf. VI D 4).

Unter Berücksichtigung dieser sechs Punkte ergibt sich die folgende physiologische Leistung des Systems. Das aus der Aorta austretende Blut umspült die einzelnen Organe, gibt dabei Sauerstoff an die Gewebe ab und belädt sich dafür mit Kohlensäure. Dann

sammelt es sich in dem ventralen Blutsinus, der also nur venöses Blut führt, und strömt nach hinten in die Tubuli und Analanhänge. Hier nimmt es wieder neuen Sauerstoff aus dem umgebenden Wasser auf und gibt den Überschuß von Kohlensäure an dieses ab. Der Sauerstoff wird an das Hämoglobin gebunden, das sich dabei zu Oxyhämoglobin oxydiert. Das nun wieder arteriell gewordene Blut strömt durch die abführenden „Gefäße“ der Tubuli und Analanhänge in den dorsalen Blutsinus, der also rein arteriell ist. Von hier tritt das Blut in die Herzkammer ein und beginnt seinen Kreislauf von neuem.

Durch die Ausbildung des Hämoglobins kann also das Blut von *Chironomus gregarius* zum Träger respiratorischer Funktionen werden, was es bei den meisten anderen Insecten nicht ist. Wir haben es demnach hier mit einem Fall von Funktionserweiterung zu tun.

Herz und Aorta führen also arterielles Blut. Durch diese Erkenntnis wird auch die von MIALL u. HAMMOND aufgestellte Behauptung widerlegt, daß nur ein kleiner Teil des Blutes durch die Tubuli oder Analanhänge gehen und sich hier mit neuem Sauerstoff beladen soll. Dieser Teil mische sich dann vor dem Eintritt in das Herz mit dem übrigen venösen Blut. Also müßten nach MIALL u. HAMMOND Herz und Aorta nicht rein arterielles, sondern gemischtes Blut führen, womit aber eine starke Herabsetzung der physiologischen Leistungsfähigkeit des Circulationssystems verbunden wäre.

In der Literatur findet man häufig die Behauptung, bei *Chironomus gregarius* bestehe eine ausgedehnte Hautatmung. Man verbindet mit dem Begriff der Hautatmung meist die Vorstellung, daß die gesamte Körperoberfläche im Dienste des Gasaustausches stehe, eine Auffassung, die wohl von MEINERT am deutlichsten ausgesprochen wurde. Durch die unter 2, S. 371 angeführten Beobachtungen über die Durchlässigkeit des Integuments wird diese Behauptung wohl hinreichend widerlegt. Selbst durch die Intersegmentalfalten findet keine Diffusion mit meßbarer Geschwindigkeit statt. Der Gasaustausch ist vielmehr auf ganz bestimmte Stellen des Körpers beschränkt und zwar auf die Tubuli und Analanhänge, die wir somit als die eigentlichen Atemorgane anzusprechen haben.

Daß es sich bei dem Gasaustausch in den Atemanhängen wahrscheinlich nicht um reine Diffusionsprozesse handelt, geht aus der mächtigen Entwicklung der Hypodermis in den Tubuli und Analanhängen hervor, zu der in den letzteren auch noch die Ausbildung von auffallend großen Kernen tritt. Eine solche starke Vergrößerung

der Kerne finden wir in allen den Organen, die eine ganz besondere physiologische Leistung zu vollbringen haben, so z. B. im Chylusdarm, in den MALPIGHI'schen Gefäßen und in den Speicheldrüsen, also lauter Organen, die eine secretorische Tätigkeit ausüben. Aus diesen Gründen darf vielleicht angenommen werden, daß sich der Gasaustausch zwischen Blutflüssigkeit und Wasser in den Atemanhängen unter Mitwirkung des Protoplasmas vollzieht. Eine andere, einigermaßen wahrscheinliche Erklärung dürfte sich für die auffällig starke Entwicklung der Hypodermis und der Kerne in den Atemanhängen kaum finden lassen. Eine Bestätigung dieser Ansicht liefert uns auch die schon vorhin (VI D 3) erwähnte Tatsache, daß in ähnlichen als Kiemen funktionierenden Anhängen anderer Insectenlarven eine gleiche Ausbildung der Hypodermis und ihrer Kerne gefunden wurde. Das gleiche Problem ist übrigens auch für den Gasaustausch in der Wirbeltierlunge noch strittig. Hier neigt man jetzt, im Gegensatz zu der eben ausgesprochenen Auffassung, mehr der Ansicht zu, daß es sich um reine Diffusionsvorgänge handelt.

Nach diesen Betrachtungen wird uns auch die Bedeutung der schlängelnden Bewegungen der Tiere innerhalb ihrer Röhren sowie die der Abdominalschwingungen klar, von denen ich schon im Abschnitt V a sprach. Die schlängelnden Bewegungen während des Aufenthaltes in der Röhre haben keinen anderen Grund, als einen Wasserstrom durch die Röhre zu unterhalten. Könnte das Tier nicht einen solchen dauernden Durchstrom frischen Wassers durch seine Röhre zustande bringen, so müßte es entweder infolge der Anreicherung der Kohlensäure und der Abnahme der Sauerstoffkonzentration im Wasser innerhalb der Röhre ersticken oder diese sehr oft verlassen, womit es einer Vernichtung durch seine zahlreichen Feinde leicht ausgesetzt wäre. Die gleichen Bewegungen finden wir übrigens auch bei gewöhnlicher Tracheen- oder allgemeiner Hautatmung, sie stellen also nichts Spezifisches für *Chironomus gregarius* dar.

Die oft weit ausgreifenden Abdominalschwingungen haben den Zweck, die Atemanhänge mit einer möglichst großen Menge Wasser in Berührung zu bringen, damit sich das Tier noch möglichst viel den zeitweise in großer Verdünnung vorhandenen Sauerstoff nutzbar machen kann. Eine Bestätigung dieser Auffassung werden wir durch die im nächsten Abschnitt zu behandelnden Versuche finden. Jedenfalls haben wir aber diese beiden Bewegungen als eine Art Atembewegungen aufzufassen.

Vor der Ausbildung des Hämoglobins scheint die in der Blutflüssigkeit physikalisch absorbierte Gasmenge schon zu genügen, um den Atemprozeß zu unterhalten. Ob bis zur 1. Häutung und kurze Zeit nachher allgemeine Hautatmung besteht oder ob auch jetzt schon der Gasaustausch auf die Analanhänge beschränkt ist, vermag ich nicht zu entscheiden. Für die letztere Ansicht spricht, daß die den Kreislauf regulierende Membran sowie die großen Zellen in den Analanhängen schon von Anfang an vorhanden sind. Auch führen die jungen Larven schon die gleichen Atembewegungen aus wie im erwachsenen Zustand. Gegen die Annahme einer allgemeinen Hautatmung ist weiter der Befund über die Durchlässigkeit der Cuticula anzuführen (vgl. Abschnitt VI B). Freilich erstrecken sich diese Untersuchungen nur auf die 3. Larvenhaut.

Mit der fortschreitenden Entwicklung und dem Wachstum des Tieres werden auch größere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Circulationssystems gestellt. Diesen wird das Tier zunächst durch die Ausbildung der Tubuli gerecht, womit eine beträchtliche Vergrößerung der Fläche erreicht wird, an der ein Gasaustausch mit dem Wasser stattfinden kann. Eine weitere Steigerung der Leistungsfähigkeit des Systems wird durch eine mehrmals erfolgende sprungweise Vergrößerung der Tubuli erreicht sowie durch die Ausbildung des Hämoglobins. Durch diese wird die Aufnahmefähigkeit des Blutes für Sauerstoff gegen vorher beträchtlich gesteigert, womit eine kaum noch zu erhöhende Rationalität der Leistung des Systems erzielt wird.

b) Im Medium ohne Sauerstoff.

Anf die hier zu behandelnden Versuche wurde ich durch drei Literaturangaben geführt, von denen zwei das Verhalten von *Chironomus sp.*? im sauerstofffreien Medium behandeln, eine dritte Angaben über die erstaunlich geringe Sauerstoffkonzentration des Wassers enthält, bei der die Larven von *Chironomus gregarius* im Freien noch lebensfähig waren. Das Wichtigste von diesen drei Befunden soll kurz erwähnt werden:

1. BABÁK stellte zwei Bewegungsarten der Larve außerhalb ihres Rohres fest. Einmal führte sie spannerartig kriechende, zum anderen S-förmige schlängelnde Bewegungen aus, diese meist bei Sauerstoffmangel oder unter Wasserstoffatmosphäre, jene bei Sauerstoffgegenwart, also unter normalen Verhältnissen.

2. MIALL u. HAMMOND geben eine ganz kurze Mitteilung, daß

in durch Kochen entlüftetem Wasser von 7 Tieren 4 bis zu 48 Stunden, 1 bis zum 5. Tage lebte und 2 sich sogar darin verpuppten.

3. Bei THIENEMANN findet man einen Hinweis, wonach er *Chironomus gregarius* in organisch stark verschmutzten Gewässern fand, die nur 0,2 ccm pro Liter Sauerstoff enthielten. Die Sauerstoffzehrung dieses Wassers war infolge von raschen Verwesungsprozessen sehr groß, denn schon nach 24 Stunden war dessen Sauerstoffgehalt auf Null herabgesunken.

Nach diesen Angaben scheint es, als genügten zur Erhaltung des Lebensprozesses von *Chironomus gregarius* erstaunlich geringe Mengen Sauerstoff oder als sei die Unterhaltung des Atemprozesses von dem im Wasser absorbierten Sauerstoff vollständig unabhängig geworden. In diesem Falle müßte man eine Art intramolekulare Atmung annehmen, dergestalt, daß die Tiere irgendwelche Möglichkeit haben, aus sauerstoffhaltigen chemischen Verbindungen Sauerstoff abzuspalten und diesen zur Atmung zu verwenden. Da die in dieser Richtung von MIALL u. HAMMOND unternommenen Versuche mit äußerst einfachen Mitteln angestellt und in ihrem Werke nur sehr kurz behandelt wurden, entschloß ich mich zu einer Nachprüfung.

Zur Beobachtung im sauerstofffreien Wasser mußte ein Apparat geschaffen werden, dessen Konstruktion es jederzeit gestattete, nachzuprüfen, ob das Versuchswasser den gestellten Anforderungen in bezug auf den Sauerstoffgehalt auch genügte. Eine Sauerstoffbestimmung des Versuchswassers ausführen zu können, schien mir äußerst wichtig zu sein, besonders da MIALL u. HAMMOND, ihren Mitteilungen nach, ohne weiteres annahmen, das von ihnen verwendete Wasser sei gasfrei gewesen. Da aber, wie wir aus der unter 3. angeführten Beobachtung von THIENEMANN sahen, schon ganz geringe Sauerstoffmengen zur Aufrechterhaltung des Atemprozesses bei *Chironomus gregarius* genügen, kann ein nichtkontrollierter Sauerstoffgehalt des Versuchswassers leicht zu Trugschlüssen führen. Diese Gründe bestimmten mich, eine völlig andere Versuchsanordnung als MIALL u. HAMMOND zu treffen. Ich verfuhr nach dem Prinzip, das Versuchswasser in einem besonderen Gefäß gasfrei zu machen und es dann in die eigentlichen Beobachtungsgefäße überzuleiten. Nach diesem Plan ist der in Fig. V wiedergegebene Apparat konstruiert.

Die Anordnung des Apparats ist wohl vollkommen aus Fig. V

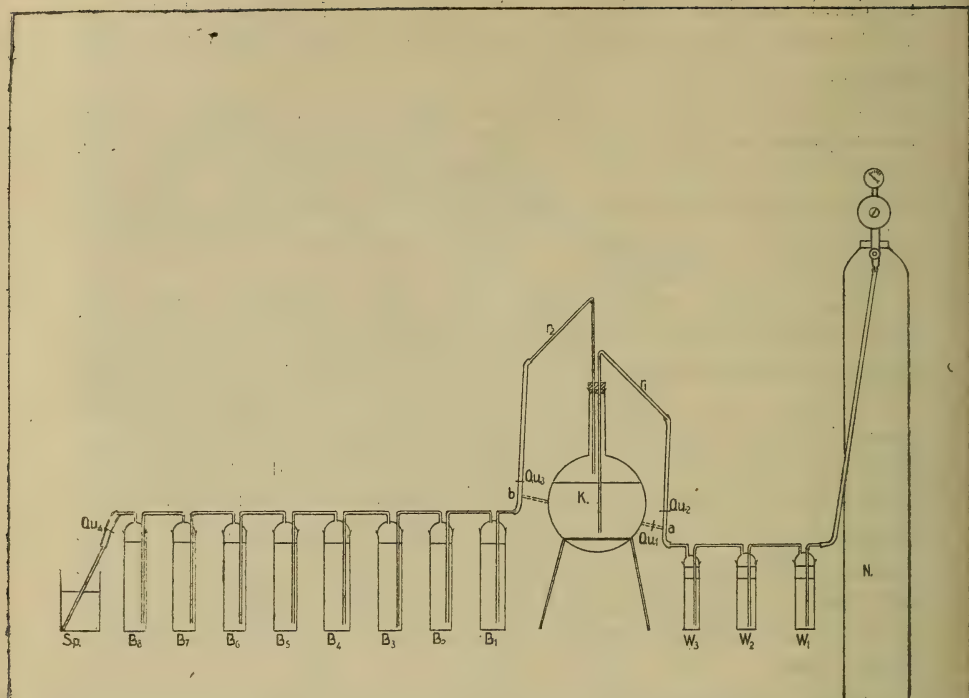


Fig. V,

Apparat zur Herstellung von sauerstofffreiem Wasser. 1:10.

a, b direkte Verbindung der Bombe mit den Beobachtungsgläsern. $B_1—B_8$ Beobachtungsgläser. K Kochflasche, Inhalt 5 l. N Stickstoffbombe. Qu Quetschhähne. r_1, r_2 im Stopfen verschiebbare Röhren in der Kochflasche. Sp Wasser als Sperrflüssigkeit in einem Becherglas vorgelegt. W_1 Waschflasche mit alkalischer Pyrogallollösung, W_2 mit alkalischer Lösung von Natriumhydrosulfit, W_3 mit alkalischer Lösung von Bleiacetat.

ersichtlich, so daß ich nur noch einige Bemerkungen über Einzelheiten und seine Verwendung anzufügen habe. Die Beobachtungsgläser ($B_1—B_8$) waren etwa 20 cm hoch und 5 cm im Durchmesser. Das zuführende, bis zum Boden gehende Rohr war in einer Ebene parallel der Bodenfläche des Glases spiralig aufgerollt und am Ende geschlossen. Der Austritt des eingeleiteten Gases oder des Wassers erfolgte durch 5 auf der Oberseite der Spirale liegende Löcher. Auf diese Weise sollte eine möglichst innige Berührung des Wassers im Beobachtungsglas mit dem einzuleitenden Gase erzielt werden. Besondere Sorgfalt ist auf das Einsetzen der als Deckel dienenden Glasschliffe zu verwenden, in welche die zu- und abführenden Röhren

eingebblasen sind. Infolge der 8 sich addierenden Wassersäulen der Beobachtungsgläser steht der Apparat unter einem Druck von etwa 0,2 Atmosphären. Ein Gas, das durch den ganzen Apparat gedrückt werden soll, muß etwa noch 0,1 Atmosphäre Überdruck haben, so daß er einen Gesamtdruck von 0,3 Atmosphären auszuhalten hat, der auch auf den Schliffen lastet. Um ein Herauspressen zu vermeiden, dichtete ich sie mit einem sehr zähen Fett. Als besonders geeignet zeigte sich eine Lösung von nichtvulkanisiertem Gummi in Vaseline, die bei sehr gelindem Erwärmen auf dem Sandbade hergestellt wird. Nahe dem oberen Rande hatte ich an der äußeren Wand des Gefäßes 2 Warzen anblasen lassen, die ebenfalls zur Befestigung des Schliffes dienten. Ein geglühter Messingdraht wurde um das Ableitungsrohr gewunden und an jeder Warze mit einer Öse befestigt; dann steckte ich in horizontaler Richtung einen zweiten Draht durch die beiden Schenkel des ersten und zog nach Art einer Knebelpresse so fest als möglich an. Diese Art der Befestigung hat sich nach vielen Versuchen für die Schliffe als die einzig brauchbare herausgestellt.

Die Versuchstiere wurden einzeln in Reagenzgläser gebracht, die durch ein gegen die Horizontale um 45° geneigtes Stück Drahtgaze abgeschlossen waren, um das Austreten der Luft und damit das Einfließen von Wasser zu ermöglichen, außerdem aber, um die die Tiere am Verlassen des Reagenzrohres zu verhindern. Zweckmäßig wählt man die Löcher der Gaze so groß, wie es die Größe der Versuchstiere nur irgend gestattet. Später verwendete ich auch beiderseits offene, etwa 5 cm lange und 1,5 cm breite Röhren. Ihre Öffnungen verschloß ich mit Planctongaze, die ich mittels eines federnden Drahttringes an die Innenwand der Glasröhren festklemmte. Wie ich experimentell feststellte, hatte diese Veränderung keinen Einfluß auf das Versuchsergebnis, wohl aber einige praktische Vorteile. Erstens konnte ich in jedes Beobachtungsglas 2 solcher Glasröhren übereinander einsetzen und damit die Anzahl der Versuchstiere wesentlich erhöhen. Zweitens ließen sich die Tiere besonders bei den Untersuchungen über den Einfluß der Nahrung auf die Atmung sehr leicht infolge des flachen Bodens beobachten, den die Planctongaze durch das Ausspannen bildete. Befestigt wurden die Gläser mit Gummibändchen am Zuleitungsrohr des Beobachtungsglases. Die Beobachtungen geschehen zweckmäßig unter Zuhilfenahme einer schwachen Lupe.

Die Größe des Kochkolbens (K) ist natürlich abhängig von der

Anzahl und vom Volumen der aus ihm zu speisenden Versuchsgläser. Für diese Versuche genügte ein Kolben von 5 l Inhalt vollständig. Die Röhren r_1 und r_2 müssen beide so lang sein, daß sie bis zum Boden des Kolbens gesenkt werden können. Zu diesem Zwecke müssen sie sich leicht in den Bohrungen des Gummistopfens verschieben lassen, mit dem die Kochflasche verschlossen wird. Das Festbacken der Röhren in den Bohrungen verhinderte ich durch häufiges Einreiben mit Glycerin. Zum Schutze gegen das Stoßen des Wassers vor dem Sieden wurden in den Kolben einige Glasperlen gebracht. Um ein möglichst rasches Abkühlen des Kolbens nach dem Sieden zu erreichen, verwendete ich eine Kaltwasserberieselung, deren Wirkung durch aufgelegte Eisstücke noch erhöht wurde. Auf diese Weise kühlten sich die 5 l Wasser in etwa 1 Stunde soweit ab, daß sie zum Versuch zu verwenden waren. Zur bequemen Beseitigung des Schmelz- und Ablaufwassers stellte ich den Kochkolben nebst Dreifuß in einen Blechkasten, der mittels eines Hebers entleert wurde.

Als treibende Kraft für das Überleiten des sauerstofffreien Wassers benutzte ich komprimierten Stickstoff (N), ein Gas, das mir wegen seiner geringen Aktivität bei gewöhnlicher Temperatur viel geeigneter zu sein schien als der von MIALL u. HAMMOND verwendete Wasserstoff. Der Stickstoff wurde mir unentgeltlich von den BAYER'schen Stickstoff-Kohlensäurewerken in Kitzingen am Main zur Verfügung gestellt. Für das Entgegenkommen möchte ich dem Werke hiermit herzlich danken. Um aus dem Stickstoff die letzten Spuren Sauerstoff zu entfernen, wurde er mit sauerstoffentziehenden Mitteln in den Flaschen w_1 und w_2 gewaschen. w_1 enthielt stark alkalische Pyrogallollösung, w_2 alkalische Lösung von Natriumhydrosulfit. Die Zusammensetzung der Pyrogallollösung war folgende: 10 g Ätzkali in 5,5 ccm Wasser gelöst. In je 10 ccm dieser Lösung ist 1 g Pyrogallol einzutragen (nach KROGH). Die Natriumhydrosulfitlösung nach FRANZEN setzt sich zusammen aus: 1. einer Lösung von 50 g Natriumhydrosulfit in 250 ccm Wasser und 2. einem Zusatz von 40 ccm Ätznatronlösung (Konzentration: 500 g Ätznatron in 700 ccm Wasser). w_3 enthielt eine alkalische Lösung von Bleiacetat, um den aus dem Natriumhydrosulfit abgespaltenen Schwefelwasserstoff zu binden. Um das Eindringen von Luft zu verhindern, wurde der Apparat bei Sp durch vorgelegtes Wasser abgeschlossen. Das Leitungsstück ab dient nur zur direkten Verbindung der Stickstoffquelle mit den Beobachtungsgläsern, um auch während eines

Versuches eine Reinigung und Neuverbereitung des Kolbens (*K*) zu ermöglichen.

Sollte ein Versuch in Gang gesetzt werden, so wurde zunächst das Versuchswasser im Kolben (*K*) etwa 1 Stunde lang gekocht, das Rohr r_1 reichte bis zum Boden des Kolbens, r_2 endigte über der Wasseroberfläche. Kurz vor Beginn und während des Abkühlens wurde Stickstoff eingeleitet, der durch Öffnen von Qu_2 durch r_1 eintreten und durch r_2 mit den Wasserdämpfen entweichen konnte, da der verbindende Gummischlauch nach dem Apparat noch nicht angeschlossen war. Nach dem Verdrängen der Luft über dem Wasserspiegel im Kolben drehte ich den Bunsenbrenner ab und ließ unter dauerndem Stickstoffeinleiten erkalten. War die Temperatur genügend gesunken, so wurde die Berieselung in Tätigkeit gesetzt und r_2 mit dem Apparat verbunden, so daß der Stickstoff nach Öffnen von Qu_3 und Qu_4 gleichzeitig dazu diente, die Luft aus dem übrigen Apparat zu verdrängen. Während der vollständigen Abkühlung auf Versuchstemperatur wurden die erforderlichen Tiere und Eier auf ihr Häutungsstadium bzw. auf ihre Entwicklungshöhe untersucht und bereitgestellt. Kurz vor Beginn des Versuches wurden sie in die vorhin beschriebenen Reagenzgläser, die dann mit Stickstoff durchspült wurden, oder besser in die beiderseits offenen Röhren gebracht, selbstverständlich, ohne Wasser hinzuzufügen. Diese Gefäße wurden dann so schnell wie möglich in die Beobachtungsgläser eingesetzt, die ich dann fest verschloß. Nun wurde noch solange ein starker Stickstoffstrom durch den Apparat geschickt, bis aller Sauerstoff verdrängt war. Ich erkannte dies daran, daß die bei *Sp* austretenden Gase eine Flamme augenblicklich verlöschten. Nun senkte ich r_2 bis zum Boden der Kochflasche und hob r_1 bis über den Wasserspiegel. Gab ich jetzt wieder Stickstoffdruck, so wurde das Wasser aus der Kochflasche in die Beobachtungsgläser gepreßt, die sich der Reihe nach füllten, also B_1 zuerst, B_8 zuletzt. Um ganz sicher zu sein, daß auch aller Sauerstoff verdrängt war, ließ ich etwas mehr Wasser durch den Apparat gehen, als zur Füllung nötig war. Auf diese Weise wurde das zuerst in B_1 eingetretene Wasser zuerst aus B_8 herausgedrückt, war also, wenn es wirklich noch etwas Sauerstoff im Apparat aufgenommen hatte, als Fehlerquelle ausgeschaltet. Dann wurde Qu_2 und Qu_3 geschlossen, dafür Qu_1 geöffnet und so die Kochflasche aus dem Apparat ausgeschaltet. Um ein Hineindiffundieren von Sauerstoff aus der Atmosphäre auf ein Minimum zu beschränken, ließ ich während der Dauer des Versuches einen

langsamen Stickstoffstrom durch den Apparat gehen, so daß etwa alle 5 Sekunden eine Gasblase in B_1 — B_3 aufstieg. Später stellte ich fest, daß es bei guter Einfettung der Schliffe genügte, Qu_4 zu schließen und so lange Stickstoff nachströmen zu lassen, bis keine Blasen mehr austraten, also im Apparat der gleiche Druck herrschte, auf den der Stickstoff durch das Reduzierventil gebracht worden war. Ich hielt auf 0,1 Atmosphäre Überdruck, so daß ich im ganzen 0,3 Atmosphären Stickstoffdruck anwenden mußte. War das Gleichgewicht erreicht, so wurde auch Qu_1 geschlossen, und das System konnte etwa 6 Stunden sich selbst überlassen bleiben, ohne daß im Innern des Apparats der Druck merklich sank.

Nach Beendigung des Versuches ließ sich die WINKLER'sche Methode zur Sauerstoffbestimmung sehr leicht anschließen. Unter Beobachtung der nötigen Vorsichtsmaßregeln schickte ich den Stickstoff umgekehrt durch den Apparat, so daß er also jetzt durch das Rohr bei Qu_4 eintrat. Aus der Leitung Qu_3 floß das Versuchswasser in die vorher mit Stickstoff durchspülten WINKLER'schen Flaschen, deren Inhalt anschließend gleich austitriert wurde.

- Mit dem so angeordneten Apparat führte ich zunächst einen
- Versuch an Tieren des 3. Häutungsstadiums aus und untersuchte dann das Verhalten der Tiere und Eier auf den verschiedensten Entwicklungsstadien unter den auf S. 415 unter 5—8 angegebenen Bedingungen. Die Verdunklung wurde dadurch erreicht, daß ich die Schliffe schwarz lackierte und die zylinderförmigen Unterteile der betreffenden Beobachtungsgläser vollständig mit schwarzem Papier umklebte, aus dem ich an zwei gegenüberliegenden Stellen je ein Beobachtungsfenster ausschnitt. Diese konnten durch die Drehung eines über das Gefäß gesteckten Pappzylinders geöffnet und geschlossen werden, der die gleichen Ausschnitte wie das schwarze Papier erhalten hatte. Um auch die letzten Spuren von Licht zu beseitigen, deckte ich noch die ganzen Gefäße mit schwarzen Tüchern ab, solange nicht beobachtet wurde. Als chlorophyllfreie Nahrung verwendete ich wieder die wie vorhin behandelten Steinpilze. Um bei der Verwendung der chlorophyllhaltigen Nahrung die Assimilation auszuschalten, durch die dem Versuchswasser wieder Sauerstoff zugemischt worden wäre, kochte ich die zu verwendenden Blätter oder den algenreichen Schlamm vorher einige Stunden, wobei das Chlorophyll erhalten blieb, das Protoplasma aber abstarb und darum eine Assimilation nicht mehr erfolgen konnte.

Anschließend füge ich eine Beobachtungsfolge über ein Tier bei.

Auf dem Protokoll traten natürlich soviele solcher Längsspalten auf, als Tiere zum Versuch eingesetzt waren.

Tier VII (kräftig).

- 13./7. 11h 59'. Versuchsbeginn.
 12h 06'. 150 Atembewegungen pro Minute.
 1h 22'. 90 Atembewegungen pro Minute, kräftig, weit aus-
 holend.
 1h 31'. Atembewegungen.
 1h 46'. 78 weit ausholende Atembewegungen pro Minute.
 1h 47'. Tier klettert an Glaswand.
 1h 49'. 66 Atembewegungen pro Minute.
 1h 58'. 60 Atembewegungen pro Minute, sehr weit ausholend.
 2h 02'. Abdominalschwingungen, mit vorderen Haftfüßchen an
 Glaswand festsitzend.
 2h 23'. Stellung unverändert, 72 Atembewegungen pro Minute.
 2h 56'. Tier in Rückenlage, Bewegung.
 3h 02'. Tier still an Wand, ohne Bewegung.
 3h 24'. Tier am Boden, Rückenlage.
 3h 35'. Unverändert.
 3h 36'. Einige schwache Bewegungen.
 3h 45'. Schwache Kletterbewegung.
 3h 56'. Ruhig am Boden, Rückenlage.
 4h 01'. Eine kurze, heftige Zuckung.
 4h 15'. Tier unverändert am Boden, Rückenlage bis
 4h 28'. Schwache Bewegung.
 4h 37'. Rückenlage, ohne Bewegung.
 4h 45'. Unverändert.
 5h 05'. Unverändert.
 7h 10'. Ganz schwache, zuckende Bewegung.
 8h 10'. Am Boden, ohne Bewegung.
 8h 40'. Ganz schwaches Heben und Senken des Kopfes und
 des Thorax (mit Lupe beobachtet).
 9h 24'. Eine schwache Bewegung, wie 8h 40'.
 10h 05'. Dieselbe schwache Bewegung.
 10h 20'. Ohne Bewegung.
 10h 22'. Eine vereinzelte Zuckung.
 10h 52'. Eine schwache Abdominalbewegung.
 11h 35'. Ohne Bewegung.
 14./7. 1h 40'.
 2h 30'.
 4h 00'. } Ohne Bewegung, Lage unverändert.
 6h 15'. }
 5h 10'. Versuchsunterbrechung. Keine Herztätigkeit. Normal
 gefüllte Tracheen.
 15./7. 12h 20'. Tier blaß, tot, obgleich es nach Versuchsunterbrechung in
 stark sauerstoffhaltiges Wasser gebracht worden war.

Da eine mikroskopische Beobachtung der Herztätigkeit während des Versuches nicht möglich ist, suchte ich so genau wie irgend zugänglich die Zeit der letzten sichtbaren Bewegung eines Tieres anzugeben, um so einen festen Punkt zu haben, der die Vergleichung der einzelnen Versuchsergebnisse gestattete. Wie die nachträgliche mikroskopische Untersuchung der Tiere zeigte, tritt mit der letzten Körperbewegung nicht immer Herzstillstand ein, doch sind die noch stattfindenden Kontraktionen sehr unregelmäßig, zum mindesten aber viel seltner geworden als bei normalen Tieren, so daß wir den Zeitpunkt der letzten sichtbaren Bewegung als Beginn des Absterbens ansprechen dürfen.

Das Verhalten von Tieren auf dem 3., 2. und 1. Häutungsstadium.

Nach diesen vorbereitenden Worten wollen wir uns den Resultaten der Versuche zuwenden. Zuerst soll die Wirkung der Sauerstoffentziehung auf voll gerötete Tiere des 3. Häutungsstadiums besprochen werden, die ohne Nahrung eingesetzt wurden.

Vorher wollen wir noch das Verhalten der Tiere im sauerstoffarmen Wasser kennen lernen, wie man es an Kulturen beobachten kann, die man in einem Wasser reich an verwesenden Stoffen hält, ohne zu durchlüften oder das Wasser zu wechseln. Ich schalte diese Beobachtungen hier ein, da sie uns darüber Aufschluß geben, wie die Tiere während des Aufenthaltes in ihrer Röhre den Eintritt eines Sauerstoffmangels beantworten. Dies konnte im sauerstofffreien Versuch nie beobachtet werden, da die Tiere zeitiger abstarben, als sie zum Röhrenbau schritten. Gleichzeitig geben uns diese Beobachtungen im sauerstoffarmen Wasser Fingerzeige für die richtige Deutung des Verhaltens im sauerstofffreien Medium.

Die Tiere machen zunächst in ihren Röhren schlängelnde Atembewegungen, dann stecken sie mit abnehmender Sauerstoffkonzentration das Hinterende aus der Röhre und schlagen damit eine Zeitlang heftig auf und ab. Nimmt der Sauerstoffgehalt noch weiter ab, so kommen sie ganz heraus und schwimmen lebhaft hin und her. Ist auch dieses erfolglos, dann steigen sie an die Wasseroberfläche und sammeln sich hier in großen Mengen an. Hier ist noch das Maximum der Sauerstoffkonzentration zu finden, das sie sich durch heftige Atembewegungen nutzbar zu machen suchen.

Die Tatsache, daß bei Eintritt von Sauerstoffmangel zuerst die letzten Abdominalsegmente aus der Röhre gesteckt und eine Zeitlang

heftig auf- und abgeschlagen werden, liefert uns einen neuen Beweis für die Lokalisierung der Atmung auf die Anhänge des 11. und 12. Segments. Wenn das Tier später ganz aus der Röhre hervorkommt, so geschieht dies nur, um in sauerstoffreichere Schichten zu wandern, nicht um die gesamte Körperoberfläche in den Dienst der Respiration zu stellen. Beim Umherschwimmen bringt es aber die Atemanhänge mit einer großen Wassermenge in Berührung und kann sich so schon während der Wanderung deren vielleicht sehr geringen Sauerstoffgehalt nutzbar machen.

Versuch 1.

Ein ganz entsprechendes Verhalten zeigen die Tiere im stickstoffgesättigten, sauerstofffreien Wasser, wie ich durch einen sich über 28 Stunden erstreckenden Versuch an 8 Tieren feststellen konnte. Kurz nach Beginn des Versuches sowie während der ganzen Dauer desselben spreizen sie auffällig ihre Atemorgane. Sie bemühen sich auch gleich anfangs durch S-förmige Schwimmbewegungen oder Klettern nach oben um jeden Preis aus dem unpassenden Medium herauszukommen. Gelingt ihnen das nicht, so machen die Tiere bis etwa 8 Stunden nach dem Versuchsbeginn heftige Atembewegungen, deren Schwingungsweite meist zu-, deren Schwingungszahl pro Minute aber meist abnimmt. (Tier VII von 150 Schwingungen pro Minute bis 60 Schwingungen pro Minute innerhalb 2 Stunden; Tier VI von 128 Schwingungen pro Minute auf 84 Schwingungen pro Minute innerhalb 3 Stunden, steigt aber innerhalb der 4. Stunde wieder auf 108 Schwingungen pro Minute, um innerhalb der 5.—8. Stunde auf 72 Schwingungen pro Minute zu fallen.) Im weiteren Verlaufe des Versuches werden die Tiere viel ruhiger. Sie kriechen nur langsam umher, versuchen zu klettern, ganz selten schwimmt auch das eine oder das andere Tier frei im Wasser, dann aber nicht lange. Die Bewegungen werden mit der Verlängerung der Versuchsdauer immer seltner, bis die Tiere in eine Art Starrzustand verfallen, auf dem das Herz zwar noch tätig ist, aber nur niedrige Frequenz zeigt (z. B. Tier VI, 48 Schläge pro Minute bei ca. 20° C, gegen 114 Schläge pro Minute bei gleicher Temperatur unter normalen Verhältnissen). Setzt man die Tiere weiter dem sauerstofflosen Wasser aus, so tritt schließlich auch Herzstillstand ein. Hat der Herzschlag noch nicht allzu lange ausgesetzt und bringt man die Tiere in diesem Zustande in stark sauerstoffhaltiges Wasser, so macht sich bei einigen bald eine Undulation der Herzwand be-

merkbar, die sich bis zur normalen Tätigkeit steigern kann, womit die betreffenden Tiere wieder voll lebens- und entwicklungsfähig werden. Die meisten Tiere dieses Versuches gingen aber nach 28stündigem Aufenthalte im sauerstofffreien Medium zugrunde, obgleich sie nach Beendigung des Versuches in sauerstoffreiches Wasser gebracht wurden. (Von 8 Versuchstieren starben 7, 1 Tier zeigte nach der Versuchsdauer von 28 Stunden noch 48 Herzschläge pro Minute und war nach 19stündigem Aufenthalt in stark sauerstoffhaltigem Wasser wieder vollkommen normal.) Sterben die Tiere während des Versuchs ab, so werden sie merklich heller und gleichzeitig stark aufgetrieben. Die einzelnen Segmente straffen sich und dehnen sich auseinander, soweit es die Intersegmentalfalten gestatten. Der Grund dafür dürfte wohl in den innerhalb der Tiere auftretenden Gasen zu suchen sein. Durch sie werden die Tiere auch nach dem Absterben leichter als Wasser, sie treiben an der Oberfläche, während sie im Leben etwas schwerer als Wasser sind und deshalb zu Boden sinken, sobald sie keine Schwimmbewegungen ausführen.

Die Analyse des Versuchswassers ergab einen Sauerstoffgehalt von 0,12 ccm pro Liter im Durchschnitt.

Versuch 2.

Bei einer zweiten Versuchsserie ergab sich unter gleichen Bedingungen eine stark gesteigerte Widerstandsfähigkeit der Tiere gegen Sauerstoffmangel, und zwar starben 9 von 11 Individuen erst nach einer Versuchsdauer von 50 Stunden ab, das 10. nach 76 Stunden, und das 11. erreichte eine Lebensdauer von 144 Stunden als Maximum, das ich nie wieder beobachten konnte. Die Wasseranalyse ergab 0,00 ccm Sauerstoff pro Liter.

Bei einer so ausgedehnten Versuchsdauer ist es immerhin möglich, daß das vollständige Fehlen von Nahrung einen Einfluß auf das Versuchsergebnis ausübt, sei es nun, daß dadurch nur eine vorzeitige allgemeine Schwächung des Organismus bedingt wird und die Tiere infolgedessen der Wirkung einer Sauerstoffentziehung zeitiger erliegen, als wenn ihnen Nahrungsstoffe zur Verfügung stehen, sei es, daß sie sich mittels der vielleicht anzunehmenden intramolekularen Atmung Sauerstoff aus Körpersubstanz verschaffen können, auf deren Bildung die Art der Nahrung von Einfluß ist. Aus diesen Überlegungen heraus ergab sich die Notwendigkeit eines 3. Versuchs.

Versuch 3.

Alle Tiere wurden dem sauerstofffreien Medium mit Futter ausgesetzt. Bei dieser Gelegenheit sollte gleich untersucht werden, ob sich bei Fütterung mit chlorophyllhaltiger und chlorophyllfreier Nahrung ein Unterschied in der Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung feststellen ließ. Es wurden deshalb 10 Tiere den auf S. 415 unter 5. und 8 Tiere den unter 6. angegebenen Bedingungen ausgesetzt. Die Wasseranalyse ergab durchschnittlich 0,06 ccm Sauerstoff pro Liter; also hatten die Tiere etwa nur die Hälfte der Sauerstoffmenge zur Verfügung wie die in Versuch 1.

Die Widerstandsfähigkeit der meisten Tiere erhöhte sich gegenüber der in Versuch 2 gefundenen um 4, also auf 54 Stunden. Nur 1 dieser 18 Tiere lebte 102 Stunden. Ein angestellter Kontrollversuch ohne alle Nahrung ergab aber die gleiche Lebensdauer der Tiere, also konnte das Fehlen der Nahrung keinen Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit der Tiere gegen Sauerstoffentziehung ausüben, wie aus Versuch 2, 3 und dem eben erwähnten Kontrollversuch hervorgeht. Dieses Ergebnis befindet sich vollkommen im Einklange mit der schon unter VI B erwähnten großen Widerstandsfähigkeit der Tiere gegen Hunger. Die Versuche 2 und 3 dauerten reichlich 2 Tage, während, wie schon vorn mitgeteilt, ein Tier nichts von seiner Lebendigkeit einbüßt, wenn es etwa die vierfache Zeit ohne Nahrung gehalten wird. Also konnte auch bei den eben behandelten Versuchen nicht Hunger die Todesursache gewesen sein.

Durch die Variationen des Versuches 3 wurde gleichzeitig erwiesen, daß auch die Art der Nahrung, ob chlorophyllfrei oder -haltig, die Widerstandsfähigkeit in keiner Weise beeinflussen konnte.

Versuch 4.

Die vorhergehenden Versuche hatten gezeigt, daß der größte Teil der Tiere nach einem Verweilen von 54 Stunden im sauerstofffreien Wasser abstarb. Es mußte also eine geringe Erhöhung der Versuchsdauer um diese Zeit eine wesentliche Erhöhung der Sterblichkeit der Tiere bedingen. Deshalb wurde eine Anzahl Larven gleichzeitig in das sauerstofffreie Wasser gebracht und der Versuch bei der einen Hälfte nach 54, bei der anderen nach 55 Stunden abgebrochen. Der Sauerstoffgehalt des Versuchswassers betrug im Durchschnitt 0,07 ccm pro Liter. Ein Kontrollversuch, der nach

etwa der Hälfte dieser oben angegebenen Zeit, also nach 30 und 31 Stunden abgebrochen wurde, zeigte, daß die Sterblichkeitsziffer durch die um eine Stunde längere Versuchsdauer in keiner Weise beeinflußt wurde. Ganz anders dagegen bei der oben angegebenen Versuchsdauer von 54 bzw. 55 Stunden. Bei einem Versuche von 54 Stunden zeigten von 10 Versuchstieren:

7 noch Herztätigkeit, und zwar schlagen

3 Tiere mit etwas niedrigerer Frequenz von 100 Schlägen pro Minute noch normal, dagegen

4 Tiere unnormal mit 48, 36, 8 und 2 Schlägen pro Minute.

3 Tiere sind tot, zeigen keinerlei Herztätigkeit.

Bei einem Versuche von 55 Stunden Dauer zeigten von 10 Versuchstieren nur

4 Tiere eine Herztätigkeit, und zwar schlägt

1 Tier mit annähernd normaler Frequenz, 120 Schläge pro Minute.

1 Tier mit stark herabgesetzter Frequenz, 54 Schläge pro Minute.

2 Tiere zeigen nur noch eine schwache Undulation der Herzwand.

6 Tiere sind tot, ohne jede Herztätigkeit.

Diese große Empfindlichkeit der Tiere innerhalb eines sonst einflußlosen Zeitintervalls bedeutet aber nichts anderes, als daß mit 54 Stunden das Maximum der Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung erreicht, mit 55 Stunden aber überschritten ist. Eine höhere Widerstandsfähigkeit zeigten von 49 untersuchten Tieren nur 3, das sind 6%. (In diesen Zahlen sind die Tiere des Versuchs 1 nicht enthalten, durch die der Prozentsatz der Ausnahmen noch weiter herabgedrückt werden würde.)

Diese Resultate lassen vermuten, daß den Larven nach Abschluß von der atmosphärischen Luft nur noch ein bestimmtes Quantum Sauerstoff zur Verfügung steht, nach dessen Verbrauch Erstickung eintritt. Es ist nicht unmöglich, daß das Hämoglobin außer der Aufgabe des Sauerstofftransports im Körper noch eine zweite als Sauerstoffspeicher hat. Zur Entscheidung dieser Frage müssen wir die gleichen Versuche an Objekten wiederholen, denen das Hämoglobin fehlt. Diese sind uns in den jüngeren Entwicklungszuständen von *Chironomus gregarius* sowie in den Larven von *Tanytus* gegeben.

Bei den Versuchsanordnungen 5—8 (S. 415) zeigte sich, daß weder eine Verfinsterung noch verschiedene Nahrung während der Versuchsdauer irgendwelchen Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit dieser jüngeren Larven ausübte, genau wie in den Versuchen, die unter Sauerstoffzutritt ausgeführt und schon im Abschnitt über das Blut erwähnt wurden. Bei allen Tieren, die in den jetzt zu besprechenden Versuchen verwendet worden waren, zeigte sich nur die Wirkung der Sauerstoffentziehung.

Während des Versuches selbst verhielten sich diese jüngeren Entwicklungsstadien genau wie die Tiere, die vor der Verpuppung standen. Sie führten die gleichen Atembewegungen aus, nur so rasch, daß ein Zählen nicht möglich war.

Über die Widerstandsfähigkeit kann ich folgende Angaben machen:

1. Häutungsstadium. Von 5 Versuchstieren waren 4 nach 8stündiger Versuchsdauer tot, auch das 5. starb nach Einbringen in sauerstoffreiches Wasser ab. Die Erstarrung trat bereits nach $1\frac{3}{4}$ Stunden ein. Bei einer Untersuchung der Widerstandsfähigkeit an weiteren 20 Tieren wurden diese Zeiten mit einer maximalen Differenz von 15 Minuten eingehalten.

2. Häutungsstadium. Ein Tier im Anfang dieses Häutungsstadiums, ohne Hämoglobin, zeigte nach 5 Stunden Versuchsdauer nur noch eine kaum wahrnehmbare Undulation des Herzens. Ein 2. Tier mit ganz wenig Hämoglobin (nur zarte Rötung) hatte eine 8stündige Versuchsdauer ohne Schädigung überstanden; das Herz führte normale Kontraktionen aus. Bei einem 3. Tier, das am Ende des 2. Häutungsstadiums stand, und zwar kurz vor der Häutung, da es die neuen Chitinkrallen bereits angelegt hatte, zeigte das Herz nach 25stündiger Versuchsdauer noch eine schwache Tätigkeit. Hämoglobin hatte das Tier reichlicher als beide vorhergehenden entwickelt. Diese Zahlen für Anfang, Mitte und Ende des 2. Häutungsstadiums wurden an je 5 Tieren wiederholt nachgeprüft und mit Abweichungen von $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde für richtig befunden. Bei allen diesen Versuchen betrug der Sauerstoffgehalt des Versuchswassers durchschnittlich 0,03 cem pro Liter.

Das starke Ansteigen der Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung im Verlaufe des 2. Häutungsstadiums kann durch zwei Faktoren begründet sein:

1. durch die an sich größere Widerstandsfähigkeit älterer Individuen äußeren Einflüssen gegenüber,

2. durch die ständig zunehmende Hämoglobinentwicklung und die damit verbundene Fähigkeit, Sauerstoff aufzuspeichern.

Darüber gibt uns der folgende Versuch Aufschluß:

2 Tiere von 5,75 mm Länge, Mitte des 2. Häutungsstadiums, schwach rötlich, nach 8 Stunden tot.

1 Tier von 6,25 mm Länge, Ende des 2. Häutungsstadiums, hell rot, nach 25,5 Stunden noch Herzundulation.

Die Tiere wurden gleichzeitig im gleichen Versuchsgläse beobachtet. Die an Größe nur um 0,5 mm verschiedenen Larven zeigen in der Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung einen Unterschied von 17,5 Stunden. Da sie praktisch wohl als auf gleicher Entwicklungsstufe stehend anzusprechen sind, kann der Grund für das verschiedene Verhalten nur in den verschiedenen Mengen von Hämoglobin zu suchen sein, das die Tiere gebildet hatten.

Damit wären wir einer zweiten physiologischen Funktion des Hämoglobins auf die Spur gekommen. Es wirkt nicht nur, wie wir im vorigen Abschnitt sahen, als Sauerstoffüberträger, sondern spielt als Sauerstoffspeicher mindestens eine ebenso wichtige Rolle. Als Beweis für diese Behauptung führe ich zusammenfassend und ergänzend nochmals folgende Punkte an:

1. Solange die Tiere kein Hämoglobin entwickelt haben, ist die Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffmangel äußerst gering. Das Absterben tritt bei diesen Stadien mit nur geringen Schwankungen nach $1\frac{3}{4}$ Stunde ein.

2. Mit dem Auftreten des Hämoglobins steigert sich die Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffmangel sehr beträchtlich. Je nach der Menge des gebildeten Hämoglobins zeigen sich innerhalb desselben Häutungsstadiums ganz auffallende Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen Sauerstoffentziehung (von 8—25 Stunden). Sie nimmt mit der Menge des gebildeten Hämoglobins zu.

3. Die Entwicklungshöhe der Tiere hat keinen merklichen Einfluß auf die Widerstandsfähigkeit. (Wie wir noch sehen werden, ist die Widerstandsfähigkeit von schlüpfenden Tieren fast gleich der von Tieren auf dem 1. Häutungsstadium.)

4. Die maximale Widerstandsfähigkeit fällt mit der maximalen Entwicklung des Hämoglobins zusammen und liegt auf dem 3. Häutungsstadium, wo die Tiere eine Sauerstoffentziehung bis zu 54 Stunden aushalten.

5. Ausgewachsene *Tanytus*-Larven, die nie Hämoglobin ausbilden und an der Wasseroberfläche oder zwischen Pflanzen leben,

gehen nach spätestens 12 Stunden im sauerstofffreien Medium zugrunde. Dieser Wert nähert sich dem für die Mitte des 2. Häutungsstadiums bei *Chironomus gregarius* gefundenen, wo zu dieser Zeit eben die erste Bildung des Hämoglobins beginnt.

Diese Punkte in ihrer Gesamtheit gestatten wohl, dem Hämoglobin die Funktion als Sauerstoffspeicher zuzusprechen. Der Sauerstoff würde mit ziemlicher Sicherheit als an das Hämoglobin gebunden anzunehmen sein.

Eine solche Einrichtung zur Aufhäufung von Sauerstoff ist für die Tiere von besonderer Wichtigkeit, da sie infolge ihrer Lebensweise öfters in die Lage kommen werden, einige Zeit aus ihrem Sauerstoffvorrat atmen zu müssen und zwar dann, wenn ihnen infolge des Überhandnehmens von Fäulnisprozessen im Schlamm gar kein oder nur geringe Mengen Sauerstoff im Wasser zur Verfügung stehen.

In diesem Zusammenhange will ich die Tatsache der nächtlichen Wanderungen nochmals berühren, die ich schon im Abschnitt V erwähnte und für die wir jetzt eine Erklärung finden können. Auf diesen Wanderungen gelangen die Tiere nach der Wasseroberfläche und damit in sauerstoffreichere Regionen, in denen sie die nötige Menge dieses Gases aufspeichern. Hiervon atmen sie während des Tages, wenn infolge der gesteigerten Temperatur die Verwesungsprozesse in ihrer Umgebung überhandnehmen. Eine von THUMM mitgeteilte Beobachtung, wonach Tausende dieser Tiere am Morgen tot auf dem Wasser treiben, wenn in den vorhergehenden Nächten wegen des zu starken Mondlichtes keine Wanderungen stattfanden, bestätigt wohl die obige Behauptung.

Nach Klarstellung dieser Tatsachen läßt sich auch ein Grund finden für die auffallend geringe Widerstandsfähigkeit von nur 28 Stunden, welche die Tiere in Versuch 1 zeigten. Diese waren im Gegensatz zu den Tieren der anderen Versuche erst mittags in das sauerstofffreie Wasser gebracht worden und stammten aus einer Kultur, die in einem hohen zylindrischen Gefäß gehalten und weder durchlüftet wurde noch fließendes Wasser bekam. So konnten die Tiere während der Nächte nur wenig Sauerstoff aufhäufen und hatten von ihrem Vorrat bis zum Mittag schon einen großen Teil verbraucht. Dadurch mußte die Widerstandsfähigkeit gegen die Sauerstoffentziehung erheblich abnehmen.

Durch die in 5 a und 5 b gefundenen Tatsachen wird auch der Vermutung von MIALL u. HAMMOND widersprochen, die dem Hämoglobin

„wohl nur die Funktion der Sauerstoffaufhäufung“ zuerkennen wollen. Die Sauerstoffübertragung ist, wie wir oben sahen, eine ebenso wichtige Funktion des Hämoglobins wie die Sauerstoffspeicherung. Ferner konnte ich nie die Beobachtung dieser Forscher bestätigt finden, daß die Tiere sich auch im sauerstofffreien Medium verpuppten. Es ist wohl anzunehmen, daß das von MIALL u. HAMMOND verwendete Versuchswasser noch so viel Sauerstoff enthielt, wie zum Leben der Tiere nötig ist. Nach THIENEMANN genügte ja schon die geringe Sauerstoffkonzentration von 0,2 ccm pro Liter zur Entwicklung, eine Menge, die bei den Versuchen von MIALL u. HAMMOND recht wohl zugegen sein konnte, da sie ihr Versuchswasser auf Sauerstofffreiheit nie nachprüften.

Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, daß die Tiere den Mangel an Sauerstoff im umgebenden Wasser sofort empfinden müssen, denn alle Larven beginnen gleich nach dem Einbringen in sauerstofffreies Wasser mit der Ausführung von Atembewegungen.

6. Versuche zur Bestimmung des Sauerstoffminimums, das zur Erhaltung der Atemprozesse bei *Chironomus gregarius* vorhanden sein muß.

Nachdem gezeigt wurde, daß *Chironomus gregarius* ohne Sauerstoff nicht lebensfähig ist, lag der Gedanke nahe, das Minimum der Sauerstoffkonzentration zu bestimmen, bei dem die Tiere gerade noch leben können. Zu diesem Zwecke mußte vorher das Problem gelöst werden, eine je nach Belieben zu verändernde Sauerstoffkonzentration im Wasser herstellen zu können, doch so, daß eine bestimmte, gewünschte Konzentration auf beliebige Zeit wirklich konstant zu halten war. Dieser Aufgabe versuchte ich mit dem in Fig. W wiedergegebenen Apparat gerecht zu werden, der aber, wie gleich bemerkt werden soll, nicht allen Ansprüchen genügte. Aus diesem Grunde gehe ich auf diese Versuche und ihre Ergebnisse so kurz wie möglich ein.

Ich lasse zunächst eine Beschreibung des Apparats folgen. Die mit N bezeichnete Bombe enthielt wieder Stickstoff, w_1 , w_2 und w_3 die schon im vorigen Abschnitt angegebenen Waschflüssigkeiten. An Stelle des einen Kochkolbens verwendete ich zwei (K_1 und K_2), um so schnell wie möglich die etwa 40 l Wasser beschaffen zu können, die zu einem Versuche nötig waren. Diese große Menge Versuchswasser war dadurch bedingt, daß sich ein Wasserwechsel

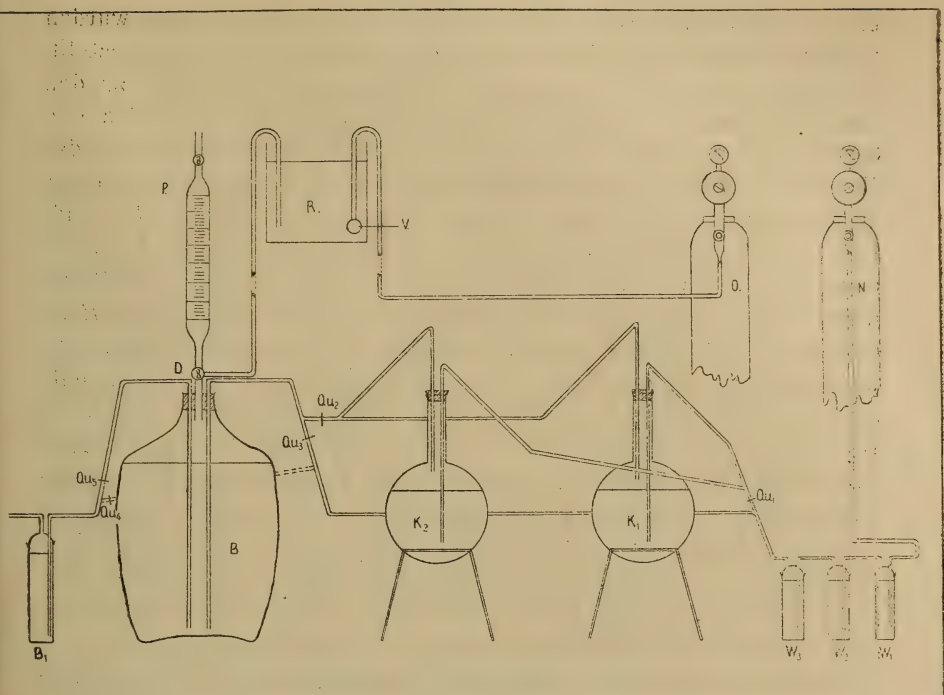


Fig. W.

Apparat für die Sauerstoffminimalversuche. Etwa 1:10.

B Sammel- und Mischgefäß. *B*₁ 1. Beobachtungsglas. *D* Dreiwegehahn. *K*₁ u. *K*₂ Kochflaschen. *N* Stickstoffbombe. *O* Sauerstoffbombe. *P* Bürette. *Qu* Quetschhähne. *R* Wasserbehälter. *V* Verteiler. *W*₁—*W*₃ wie in Fig. V.

innerhalb gewisser Zeiträume während der Dauer des Versuches erforderlich machte, um die durch die Atmung der Tiere verbrauchte Sauerstoffmenge zu ersetzen. *K*₁ und *K*₂ waren parallel geschaltet, um die zu hebende Wassersäule soviel wie möglich abzukürzen. Im Prinzip neu ist eigentlich nur der geeichte Ballon *B* mit der aufsitzen- den, gleichfalls geeichten Bürette (*P*) und dem Wasserbehälter (*R*). Bei *D* befindet sich ein Dreiwegehahn, der gestattet, die Bürette sowohl mit *B* als auch mit *R* zu verbinden. Die Handhabung des Apparats geschah wie folgt:

Zunächst wurde in *K*₁ und *K*₂ Wasser durch Kochen gasfrei gemacht und die in beiden Kolben enthaltene Menge von etwa 10 l durch die Leitung *Qu*₂ nach dem Ballon *B* hinübergedrückt, der vorher mit Stickstoff gefüllt worden war. Das Gas konnte aus *B*

über *D* durch die Bürette entweichen. Auf diese Weise wurden nach und nach die erforderlichen 40 l Versuchswasser hergestellt. Die Bereitung und Überführung des Wassers geschah wie zu den unter 5 b beschriebenen Versuchen unter Stickstoffatmosphäre und Stickstoffdruck. Durch den Verteiler *V* sättigte ich inzwischen das Wasser in *R* soweit wie möglich mit Sauerstoff, den ich aus einer Bombe *O* entnahm. Dieses Wasser wurde dann dem in *B* befindlichen sauerstofffreien beigemischt. Dazu bestimmte ich kurz vor dem Zugeben des sauerstoffhaltigen Wassers dessen Gehalt an diesem Gase und konnte nun berechnen, wieviel ccm ich aus *R* zu den 40 l in *B* geben mußte, um hier die gewünschte Sauerstoffkonzentration zu erhalten. Diese Anzahl ccm wurde durch entsprechende Hahnstellung bei *D* aus *R* nach *P* überfließen und durch Umdrehung desselben Hahnes nach *B* ablaufen lassen. Nach gründlichem Schütteln konnte das jetzt fertige Versuchswasser durch die Leitung Qu_5 in die Beobachtungsgläser gedrückt werden, von denen in Fig. W nur das 1. (B_1) angegeben ist. Die Erzeugung des Stickstoffdruckes in *B* wurde durch die Leitung über Qu_3 bewirkt. Die gestrichelte Leitung gestattete, den Beobachtungsgläsern unter Umgehung von *B* direkt Stickstoff aus der Bombe zuzuführen.

Etwa alle 12 Stunden wurde das Wasser in den Versuchsgläsern vollständig erneuert, was sehr einfach dadurch geschah, daß ich in *B* wieder Stickstoffüberdruck erzeugte, wodurch neues Wasser in die Versuchsgläser gedrückt wurde. Gleichzeitig stellte ich Kontrollbestimmungen des Sauerstoffgehalts im Wasser an, ehe es in die Versuchsgläser eintrat und nachdem es eine bestimmte Zeit dort verweilt hatte (nach der WINKLER'schen Methode). Dabei zeigte sich stets eine Differenz zwischen diesen beiden Werten, auf die ich unten noch zurückkommen werde.

Dieser Apparat war nach dem Prinzip konstruiert, eine bestimmte Sauerstoffkonzentration durch Mischen von sauerstofffreiem und sauerstoffhaltigem Wasser herzustellen, was in *B* geschah. Das unter reiner Stickstoffatmosphäre in *B* stehende Wasser konnte aber, wie ich später erfahren mußte, eine konstante Sauerstoffkonzentration nicht halten, da nach dem Mischen in *B* der Partiardruck des Sauerstoffes im Wasser einen gewissen Betrag darstellte, der größer als Null war. Da sich über dem Wasser reiner Stickstoff befand, herrschte hier für Sauerstoff der Partiardruck Null. Diesem Druckgefälle folgend, mußte während des Versuches dauernd Sauerstoff aus dem Wasser in die Stickstoffatmosphäre diffundieren, d. h. die

Sauerstoffkonzentration im Wasser mußte dauernd abnehmen. Damit ist aber bewiesen, daß sich diese Methode zur Lösung des obigen Problems und damit auch zur Lösung der Frage nach dem Minimalbetrag der Sauerstoffkonzentration, die für die Erhaltung der Atemprozesse von *Chironomus gregarius* unbedingt erforderlich ist, nicht im geringsten eignet. Man müßte vielmehr ein strömendes Gasgemisch von Stickstoff und Sauerstoff anwenden, das eine bestimmte Zusammensetzung hat und das man auch zum Transportieren des Versuchswassers verwenden müßte. Auf diese Weise würde sich eine den Partiardrucken der beiden Gase entsprechende konstante Sauerstoffkonzentration im Wasser herstellen lassen. Doch führte die Ausarbeitung einer darauf fußenden Apparatur zu weit, so daß ich vorerhand darauf verzichtete.

Ich will noch kurz auf ein Resultat eingehen, das mit der zuerst beschriebenen Versuchsanordnung gefunden wurde. Die anfangs zu wählende Sauerstoffkonzentration mußte selbstverständlich unterhalb des Wertes von 0,2 ccm pro Liter liegen, für welche THIENEMANN die Lebens- und Entwicklungsfähigkeit von *Chironomus gregarius* im Freien schon nachgewiesen hatte. Von mir selbst ausgeführte Bestimmungen an meinem Fangplatz bei Thekla und Mockau ergaben freilich einen wesentlich höheren Sauerstoffgehalt des Wassers, nämlich 4,04 ccm pro Liter, was bei der betreffenden Temperatur von 15° C reichlich halbe Sättigung des Wassers mit Sauerstoff bedeutet (volle Sättigung 7,04 ccm Sauerstoff pro Liter). Ich erzielte, wie durch dauernde Titrations festgestellt wurde, im Versuch eine Konzentration, die stets unterhalb des Wertes von 0,2 ccm pro Liter blieb. Sie bewegte sich in den Grenzen von 0,12—0,19 ccm pro Liter. Dabei zeigte sich, daß sämtliche 32 verwendete Tiere nach 54 Stunden Versuchsdauer abgestorben waren, also gerade nur das in 5 b aufgestellte Maximum erreicht hatten. Damit wurde bewiesen, daß eine Sauerstoffkonzentration von weniger als 0,2 ccm pro Liter schon unterhalb des Minimums liegt, wenigstens wenn die Tiere nicht zur Oberfläche kommen und hier Sauerstoff aufhäufen können. Aller Wahrscheinlichkeit nach stellt also die von THIENEMANN im Freien gemessene Sauerstoffmenge von 0,2 ccm pro Liter das Minimum der zum Leben nötigen Sauerstoffkonzentration dar. Weitere Versuche wurden von mir wegen der Mangelhaftigkeit des Apparats für diese Zwecke nicht angestellt.

Auf die schon oben erwähnte Differenz des Sauerstoffgehalts im Wasser, ehe es in die Versuchsgläser eintrat und nachdem es

dieses verließ, möchte ich noch mit einigen Worten zu sprechen kommen. Sie kann begründet sein:

1. durch Diffusionsvorgänge während des Versuchs.
2. durch Sauerstoffentziehung des Wassers während des Versuchs.
3. durch den Verbrauch einer gewissen Menge Sauerstoff durch die Atemprozesse der Versuchstiere.

Die Menge Sauerstoff, die infolge des Diffusionsgefälles aus dem Wasser herausgegangen war, konnte durch zwei innerhalb einer bestimmten Zeit aufeinanderfolgende Titrations des Wassers in *B* bestimmt werden. Die sich dabei ergebende Sauerstoffabnahme ist lediglich der Wirkung der Diffusion zuzuschreiben, da, wie durch Versuche belegt wurde, eine Sauerstoffzehrung des Wassers in *B* nicht stattfand. Nun zeigte sich aber, daß die Abnahme der Sauerstoffkonzentration in den Versuchsgläsern während der gleichen Zeit stets größer war als die im Wasser von *B*. Da, solange alle Tiere lebten, eine Sauerstoffzehrung auch hier nicht stattfinden konnte, mußte die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers in *B* und dem in den Versuchsgläsern befindlichen lediglich auf Rechnung der Atmung der Versuchstiere gesetzt werden. Tatsächlich ergab auch die Berechnung unter Zugrundelegung der verschiedensten Zeiten, während welcher das Wasser auf den Versuchsgläsern stand, und unter Zuhilfenahme des Volumens der Beobachtungsgläser eine auffällige Übereinstimmung, auf die Zeiteinheit bezogen, wenigstens während der Stunden, zu denen noch alle Tiere lebten. Ich füge als Beispiel eine Berechnung des stündlichen Sauerstoffverbrauches eines Tieres an:

1. Die Titration des Wassers in <i>B</i> ergab als Durchschnitt von zwei Proben	0,281 $\frac{\text{ccm}}{\text{Liter}}$
2. Die Titration des Wassers in <i>B</i> ergab nach $12\frac{3}{4}$ Stunden	0,234 „
3. Also ging während dieser Zeit aus jedem Liter durch Diffusion heraus	0,047 „
4. Die Titration des Wassers in den Versuchsgläsern ergab nach $12\frac{3}{4}$ Stunden als Durchschnitt von 2 Proben	0,095 „
5. (1.—4.) Also Differenz zwischen dem Wasser in <i>B</i> und dem in den Versuchsgläsern nach $12\frac{3}{4}$ Stunde	0,186 „
6. (5.—3.) Auf Diffusion entfallen (nach 3) 0,047 ccm pro Liter, also der Rest veratmet	0,139 „

7. Diese Menge in $12\frac{3}{4}$ Stunden aus jedem Liter veratmet, in 1 Stunde also 0,011 ccm
8. Der Inhalt der 8 Versuchsgläser betrug 3,2 l, daraus konnten in jeder Stunde veratmet werden 0,00352 ccm
9. Diese Menge veratmeten während 1 Stunde 10 Tiere. 1 Tier veratmete somit 0,00352 ccm Sauerstoff pro Stunde.

Dieser gefundene Wert stimmte mit einer Reihe anderer, unter Zugrundelegen der verschiedensten Wirkungszeiten des Versuchswassers berechneter Werte sehr gut überein. Zieht man aus allen diesen Werten das arithmetische Mittel, so ergibt sich ein Sauerstoffverbrauch eines Tieres während 1 Stunde von 0,0032 ccm. Damit ist nicht gesagt, daß in sauerstoffreicherem Wasser die stündlich veratmete Menge Sauerstoff nicht wesentlich höher sein könnte. Doch zeigt dieser sehr kleine Wert schon ohne weiteres, daß die Tiere, wenn es nötig wird, mit sehr geringen Sauerstoffmengen auskommen können. Daraus erklärt sich wohl auch die Tatsache, daß die im Oxyhämoglobin aufgespeicherte Sauerstoffmenge für die Erhaltung des Lebens im sauerstofffreien Medium auf die erstaunlich lange Zeit von 54 Stunden ausreichen kann.

VII. Schlufs.

Durch die im Laufe der Arbeit besprochenen Untersuchungen wurde gezeigt, daß bei den Larven von *Chironomus gregarius* die ursprünglich dem Tracheensystem zukommende Funktion vom Circulationssystem in Verbindung mit Kiemenatmung übernommen wurde und daß dieses infolge seiner zweckmäßigen Organisation recht wohl imstande ist, das Tracheensystem zu vertreten. Bei den durch das Circulationssystem vermittelten Gasaustauschprozessen spielt, wie wir sahen, das Hämoglobin eine hervorragende Rolle. Der Besitz dieses respiratorischen Farbstoffes ermöglicht den Larven ferner, unter Bedingungen zu leben, unter denen die meisten anderen Wasserbewohner nicht mehr existenzfähig sind. Somit stellt für die Larven von *Chironomus gregarius* das Hämoglobin eine wichtige Neuerwerbung gegenüber den dauernd farblosen Formen dar.

Sehr interessant ist nun die Tatsache, daß wir von den Chironomiden-Arten, die vollständig ohne Hämoglobin sind und an

der Wasseroberfläche leben, bis zu den roten, schlammbewohnenden Formen eine kontinuierliche Anpassungsreihe aufstellen können, in der die Tendenz zum Ausdruck kommt, eine immer größere Unabhängigkeit gegenüber der Sauerstoffkonzentration und ihren Schwankungen im Wasser zu erwerben. Diese Unabhängigkeit erwarben die einzelnen Arten im steigenden Maße, je mehr sie ihre Wohnsitze nach der Tiefe der Gewässer verlegten.

Alle diese Formen besitzen bereits ein geschlossenes Tracheensystem, was schon einen sekundären Zustand darstellt. Abzuleiten sind sie wahrscheinlich von *Culex*-artigen Vorfahren, die noch mittels eines Atemrohres oder durch Stigmen direkt atmosphärischen Sauerstoff veratmen konnten. Die erste Neuerwerbung stellte also die Ausbildung des geschlossenen Tracheensystems dar. Auf dieser Entwicklungsstufe würden jetzt noch stehen: die *Tanytus*- und die farblosen *Orthocladius*-Formen. Durch die Erwerbung des geschlossenen Tracheensystems wurden diese Arten vom atmosphärischen Sauerstoff unabhängig und damit auch in tieferen Wasserschichten lebensfähig. Gleichzeitig machte sich die Ausbildung von Atemanhängen nötig, die den Analanhängen von *Chironomus gregarius* entsprechen und die auch alle diese Formen besitzen. Der Atemprozeß verläuft dann wie folgt: durch die Abscheidung von Gas durch die Tracheenzellen wurden das Tracheensystem und durch dieses die einzelnen Organe mit Sauerstoff versorgt, der aus dem umgebenden Wasser stammte. Die durch den Stoffwechsel entstehende Kohlensäure gelangte ins Blut und mit ihm in die Analanhänge, deren Funktion wohl vorwiegend darin besteht, die Kohlensäure in das umgebende Wasser abzuscheiden.

An diese Formen würden sich solche anschließen, die zwar noch ein vollständig ausgebildetes Tracheensystem besitzen, aber als zweite Neuerwerbung schon mehr oder weniger Hämoglobin ausbilden können, also die roten Formen der Gattung *Orthocladius* und die *Tanytarsus*-Arten. Hier übernimmt das Blut neben dem Kohlensäuretransport schon zum Teil die Versorgung der Organe mit Sauerstoff, die sich also jetzt auf Blut- und Tracheensystem gleichmäßig verteilt. Damit treten auch die Atemanhänge als nach beiden Richtungen gasabscheidende Organe in Tätigkeit. Die nächst höhere Entwicklungsstufe würde *Chironomus polytomus* darstellen, der zu den vorhandenen Atemanhängen noch 1 Paar Tubuli besitzt. Am Ende der Anpassungsreihe würde endlich *Chironomus gregarius* stehen, der noch 1 weiteres Paar Tubuli ausgebildet hat

und damit die Leistungsfähigkeit des Circulationssystems soweit steigerte, daß es den Stoffwechsel allein bewältigen konnte. Eine Unterstützung durch das Tracheensystem war jetzt nicht mehr nötig, und so wurde es infolge des Nichtgebrauches auf die spärlichen Reste reduziert, die wir bei *Chironomus gregarius* noch finden.

VIII. Ergebnisse.

1. *Chironomus gregarius* schlüpft im Gegensatz zu *Corethra* mit dem Kopfe voran.

2. Bei schlüpfenden Tieren ist die Verlagerung des Cerebral- und Subösophagealganglions in den Prothorax sowie die des 1. Abdominalganglions in den Metathorax schon vollzogen. Auch ist die Verschmelzung des 7. und 8. Abdominalganglions bereits geschehen.

3. Die Mundteile sind bis zur 1. Häutung noch relativ einfach.

4. Während des Larvenlebens häuten sich die Tiere 3mal, bei der Verpuppung wird die 4. Haut abgeworfen.

5. Bis zur 1. Häutung haben die Tiere keine Tubuli; diese werden bei der 1. Häutung plötzlich ausgestülpt. Die Tubuli und Analanhänge zeigen neben einem kontinuierlichen Wachstum zwischen je 2 Häutungen noch eine sprunghafte Größenzunahme, durch die eine annähernd gleiche Verlängerung erzielt wird wie durch das kontinuierliche Wachstum.

6. Das Tracheensystem wird erst bei der 2. Häutung mit Luft gefüllt und zwar nur an der Grenze des 1. und 2. Thoracalsegments. Einige Zeit nach der 3. Häutung findet die Füllung des Systems auch an der Grenze des 2. und 3. Thoracalsegments statt. Verlauf und Anzahl der bei den einzelnen Häutungen gefüllten Stämme ist bei der Mehrzahl der Tiere ziemlich konstant. Doch findet man ganz vereinzelte Tiere, bei denen eine Füllung der Längsstämme im 3. Thoracalsegment eine Strecke weit eingetreten ist.

7. Ob überhaupt noch ein Tracheensystem in den Abdominalsegmenten vorhanden ist, konnte trotz mannigfacher Bemühungen nicht einwandfrei festgestellt werden. Mit Sicherheit ist dagegen zu behaupten, daß luftgefüllte Tracheen nie mehr in den Abdominalsegmenten auftreten.

8. Die Füllung des Systems erfolgt in zentripetaler Richtung. Ihr Zustandekommen ist nicht durch osmotische und Diffusionsvorgänge allein zu erklären, sondern man muß vielmehr eine Ab-

scheidung des Gases durch aktive Zelltätigkeit annehmen, welche die zur Überwindung des Widerstandes nötige Energie liefert.

9. Die Tracheenwand ist für Gase verhältnismäßig leicht, für Flüssigkeiten sehr schwer durchlässig.

10. Der Gasstrom im Tracheensystem erfolgt nur in einer Richtung und zwar von außen nach innen.

11. Bei *Chironomus gregarius* hat das Tracheensystem für die Aufrechterhaltung des Atemprozesses keine Bedeutung mehr. Es ist als rudimentäres Organ anzusprechen.

12. Der Gasaustausch wird von dem Circulationssystem übernommen.

13. Die Bahn des Blutkreislaufs ist fest bestimmt durch eine im 11. und 12. Segment ausgespannte Membran. Es kann kein Blut zum Herzen zurückgelangen, ohne einen Atemanhang durchlaufen zu haben. Demnach besitzen diese Larven ein rein arterielles Herz.

14. Der histologische Bau der Membran gleicht dem des äußeren Fettkörpers, so daß sie mit der größten Wahrscheinlichkeit als ein umgelagerter Teil des Fettkörpers aufzufassen ist.

15. Der im Blute diffus verteilte Farbstoff ist Hämoglobin. Er bildet Hämatinkrystalle mit typischen optischen Eigenschaften.

16. Das Hämoglobin wird erst zwischen Anfang und Mitte des 2. Häutungsstadiums ausgebildet, vorher sind die Larven farblos.

17. Menge und Zeit der Ausbildung des Hämoglobins sind durch verschiedenartige Nahrung und Verdunklung der Tiere nicht zu beeinflussen.

18. Im Zusammenhang mit der Hämoglobinausbildung steht das wechselnde Verhalten der Larven gegen Licht. Am Anfang des 2. Häutungsstadiums schlägt der starke positive Phototropismus in einen ebenso starken negativen um, also zur gleichen Zeit, in der die erste Ausbildung des Hämoglobins erfolgt.

19. Die physiologische Leistung des Circulationssystems besteht:

a) in der Versorgung der Organe mit Sauerstoff und im Abtransport der hier gebildeten Kohlensäure,

b) in der Aufspeicherung von Sauerstoff, der zur Unterhaltung der Atemprozesse dann herangezogen wird, wenn die Sauerstoffkonzentration im umgebenden Wasser sehr stark gesunken ist.

20. Ohne Sauerstoff ist *Chironomus gregarius* weder entwicklungs- noch unbegrenzt lebensfähig, doch zeigen die Larven gegen Sauerstoffentziehung eine überraschend große Widerstandsfähigkeit, die

mit der zunehmenden Ausbildung des Hämoglobins wächst. Die Widerstandsfähigkeit für die einzelnen Entwicklungsstadien ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Entwicklungsstadium der Larve	Farbe der Larve und Menge des gebildeten Hämoglobins	abgestorben nach
1. Häut.-Stad.	farblos, ohne Hämoglobin	1 ³ / ₄ —2 Std.
Anfang des 2. „	fast farblos, mit Spuren Hämoglobin	reichlich 5 Std.
Mitte des 2. „	schwach rötlich, mit wenig „	8 Std.
Kurz vor der 3. Häutung	hellrot, mit beträchtlich mehr „	reichlich 25 Std.
Auf dem 3. Häut.-Stad.	tief rot, mit sehr viel „	54 Std.

21. Bei einer Sauerstoffkonzentration von 0,12—0,10 ccm pro Liter ist die Larve noch nicht lebensfähig. Deshalb stellt wohl der von THIENEMANN im Freien gefundene Wert von 0,2 ccm pro Liter das Minimum dar, bei dem die Larve den Atemprozeß noch unterhalten kann.

22. Große Widerstandsfähigkeit zeigen die Larven gegen Alkalien, Alkohol, Schwefelwasserstoff und Hunger. Gering ist sie gegen Säuren und gegen mechanische Verletzungen. Diese geringe Widerstandsfähigkeit wird vorwiegend durch die Zersetzung des Hämoglobins bedingt, die durch Säuren hervorgerufen wird. Auch scheint das Chitin ein leichteres Eindringen der Säuren zu gestatten.

23. Im Laufe eines Sommers treten 4—5 Generationen auf, deren erste aus überwinterten Larven hervorgeht, deren letzte wieder Winterlarven liefert.

Literaturverzeichnis.

- ABDERHALDEN, E., Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, 1913.
- BERLESE, A., Gli Insetti, 2 Bde., 1909.
- BINDER, K. und R. F. WEINLAND, Ueber eine neue, scharfe Reaktion auf elementaren Sauerstoff, in: Ber. deutsch. chem. Ges., 1913, Vol. 46, 1.
- BIERBAUM, G., Untersuchungen über den Bau der Gehörorgane von Tiefseefischen, in: Z. wiss. Zool., Vol. 111, Heft 3, 1914.
- BUNGE, Das Sauerstoffbedürfnis schlammbewohnender Tiere, in: Ztschr. physiol. Chem., Vol. 12 u. 14, 1888 u. 1890.
- CALVERT, P. P., The first filling of the tracheae with air (Odonata), in: Entomol. News, Vol. 9, 1898.
- CARUS, C. G., Entdeckung eines einfachen, vom Herzen aus beschleunigten Blutkreislaufes in den Larven netzflüglicher Insekten, Leipzig 1827.
- CHILD, CH. MANNING, Ein bisher wenig beachtetes antennales Sinnesorgan der Insekten mit besonderer Berücksichtigung der Culiciden und Chironomiden, in: Z. wiss. Zool., Vol. 58, 1894.
- CHWOLSON, O. D., Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1902.
- FISCHEL, A., Untersuchungen über vitale Färbung an Süßwassertieren, insbesondere Cladoceren, in: Intern. Rev. Hydrobiol., Vol. 1, 1908.
- V. FRANKENBERG, G., Die Schwimmblasen von Corethra, in: Zool. Jahrb., Vol. 35, Physiol., 1915.
- V. FÜRTH, Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere, Jena 1903.
- GILSON, C. und J. SADONES, The larval gills of the Odonata, in: Journ. Linn. Soc. London, Zool., Vol. 25, 1896.
- GRIMM, Die ungeschlechtliche Fortpflanzung einer Chironomusart und deren Entwicklung aus dem unbefruchteten Ei, in: Mém. Acad. Sc. St. Pétersbourg (7), Vol. 15 (1870).

- HASPER, M., Zur Entwicklung der Geschlechtsorgane von *Chironomus*, in: Zool. Jahrb., Vol. 31, Anat., 1910—1911.
- HEADLEE, TH. J., The blood gills of *Simulium pictipes*, in: Amer. Naturalist, Vol. 40, 1906.
- HOLMGREN, N., Zur Morphologie des Insektenkopfes. I. Zum metameren Aufbau des Kopfes von *Chironomus*, in: Z. wiss. Zool., Vol. 76, 1904.
- JAWOROWSKI, A., Vorläufige Resultate entwicklungsgeschichtlicher und anatomischer Untersuchungen über den Eierstock von *Chironomus* und einigen anderen Insekten, in: Zool. Anz., Jg. 5, 1882.
- , Weitere Resultate entwicklungsgeschichtlicher und anatomischer Untersuchungen über die Eierstöcke bei *Chironomus spec.*, *ibid.*, Jg. 6, 1883.
- , Ueber die schlauchtörmigen Anhänge der Nematocerenlarven, in: Kosmos (Lemberg), Jg. 10, 1885.
- , Ueber die Entwicklung des Rückengefäßes und speziell der Muskulatur bei *Chironomus* und einigen anderen Insekten, in: SB. Akad. Wiss. Wien, Vol. 80 (1880).
- JOHANNSEN, O., Aquatic nematoceros Diptera, in: New York St. Mus. II. Chironomidae, 1905.
- KIEFFER, Chironomidae, in: WYTSMAN, Genera Insectorum, 1906.
- KIEFFER und THIENEMANN, I. Chironomiden, in: 37. Jahresber. Westfäl. Provinzialver. Wiss. Kunst, zool. Sekt., Münster i. W., 1908—1909.
- KOLMER, W., Eine Beobachtung über vitale Färbung bei *Corethra plumicornis*, in: Biol. Ctrbl., Vol. 24, 1904.
- KORSCHOLT und HEIDER, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere, Jena 1910.
- KRAATZ, W., Chironomidenmetamorphosen, Dissert., Münster 1911.
- KROGH, A., On microanalysis of gases, in: Skand. Arch. Physiol., Vol. 20, 1908.
- , On the hydrostatic mechanism of the *Corethralarva* with an account of methods of microscopical gasanalysis, *ibid.*, Vol. 25, 1911.
- , On the composition of the air in the tracheal system of some Insects, *ibid.*, Vol. 29, 1912.
- LANG, A., Handbuch der Morphologie der wirbellosen Tiere, Jena 1913, Vol. 4, Arthropoden, 1—4 (E. BUGNION, E. A. GÖLDI).
- LANKESTER, E. R., A contribution to the knowledge of haemoglobin, in: Proc. Roy. Soc. London, Vol. 21, 1873.
- LAUTERBORN, R., Zur Kenntnis der Chironomidenlarven, in: Zool. Anz., Vol. 29, 1906.
- MEINERT, De eucephale Myggelarver, in: Dansk. Vidensk. Selsk. Skr. (6), naturvid. og math. Afd., Vol. 3, 1886.

- MIALL, L. C. and A. R. HAMMOND, The development of the head of the imago of *Chironomus*, in: Trans. Linn. Zool. London (2), Vol. 5, 1892.
- , The structure and life-history of the Harlequin-Fly (*Chironomus*), Oxford 1900.
- MINOT, Zur Kenntnis der Insektenhaut, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 28, 1886.
- NEEDHAM, J. G., The egg-laying of *Chironomus annularis*, in: Science (2), Vol. 24, 1906.
- OEHLMÜLLER-SPITTA, Untersuchung und Beurteilung des Wassers und Abwassers, 3. Aufl., Berlin 1910.
- PACKARD, A., A textbook of entomology, New York 1898.
- PALMÉN, J. A., Zur Morphologie des Tracheensystems, Helsingfors 1877.
- RABES, O., Ueber die Atemorgane der wasserbewohnenden Insekten und Insektenlarven, in: Prometheus, Vol. 16, 1905.
- RITTER, R., Die Entwicklung der Geschlechtsorgane und des Darmes bei *Chironomus*, in: Z. wiss. Zool., Vol. 50, 1890.
- ROLLET, Zur Kenntnis der Verbreitung des Hämatins, in: Untersuchungen zur Naturlehre von MOLESCHOTT, Vol. 8, 1861.
- SCHMIDT, P., Ueber das Leuchten der Zuckmücken, in: Zool. Jahrb., Vol. 8, Syst., 1894.
- SCHNEIDER, A., *Chironomus Grimmii* und seine Parthenogenesis, in: Zool. Beitr. (A. SCHNEIDER), Vol. 1, 1885.
- SCHNEIDER, J., Untersuchungen über die Tiefseefauna des Bieler Sees mit besonderer Berücksichtigung der Biologie der Dipterenlarven der Grundfauna, in: Mitt. naturf. Ges. Bern, 1904.
- THIENEMANN, A., Analkiemien bei den Larven von *Glossosoma Boltoni* CURT. und einigen Hydropsychiden, in: Zool. Anz., Vol. 27, 1904.
- , Ueber die Bestimmung der Chironomidenlarven und Puppen, *ibid.*, Vol. 33, 1908.
- , Die Metamorphose der Chironomiden, in: Ztschr. Insektenbiol., 1908.
- , Die Bauten der Chironomidenlarven, in: Ztschr. Ausbau Entwicklungslehre, 1909.
- VIGNON, P., Sur l'histologie du tube digestif de la larve de *Chironomus plumosus*, in: Acad. Sc. Paris, Vol. 28, 1899.
- , Recherches de cytologie générale sur les epithéliums. L'appareil pariétal protecteur ou moteur, in: Arch. Zool. expér. (3), Vol. 9, 1902.
- WALLENGREN, H., Physiologisch-biologische Studien über die Atmung bei den Arthropoden. 5. Die Zusammensetzung der Luft der großen Tracheenstämme bei den Aeschnalarven. Arb. a. d. zool. Inst. zu Lund, in: Lunds Universitets Årsskrift (N. F.), Afd. 2, Vol. 11, No. 11, Leipzig 1915.

- WEISMANN, Beiträge zur Kenntnis der ersten Entwicklungsvorgänge im Insektenei, in: Festgabe HENLE, 1882.
- WESENBERG-LUND, Notizen aus dem Dänischen süßwasserbiologischen Laboratorium am Furesø (3), in: Internat. Rev. ges. Hydrobiol., Vol. 1, 1908.
- , Die litoralen Tiergesellschaften unserer größeren Seen. a) Die Tiergesellschaften des Brandungsufers, in: Intern. Rev., Vol. 1, 1908.
- , Ueber pelagische Eier, Dauerzustände und Larvenstadien der pelagischen Region des Süßwassers, *ibid.*, Vol. 2, 1909.
- , Ueber die Respirationsverhältnisse bei unter dem Eis überwinternden luftatmenden Wasserinsekten, bes. der Wasserkäfer und -wanzen, *ibid.*, Vol. 3, 1911.
- , Fortpflanzungsverhältnisse: Paarung und Eiablage der Süßwasserinsekten, in: Fortschr. naturw. Forschg. (ABDERHALDEN), Vol. 8, 1913.
- WELTNER, W., Ueber den Laich einer Mücke *Chironomus silvestris*, in: Bl. Aquar.- u. Terrar.-Freunde, Vol. 7, 1896.
- WIELOWIEJSKI, H., Ueber den Fettkörper von *Corethra plumicornis* und seine Entwicklung in: Zool. Anz., Jg. 6, 1863.
- , Ueber das Blutgewebe der Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 43, 1886.
- WINTERSTEIN, H., Handbuch der vergleichenden Physiologie, Jena 1913, Vol. 1, Physiologie der Körpersäfte, Physiologie der Atmung (2. Hälfte).
- ZEBROWSKA, A., Recherches sur les larves de Chironomides du lac Léman, Dissert., Lausanne 1914.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 7.

Fig. 1. Übersicht über das rechtsseitige Tracheensystem von *Chironomus gregarius* auf dem 3. Häutungsstadium. 30:1, nach dem Leben. *B* plötzliches Aufhören der Füllung des Längsstammes. *C* Vereinigungsstelle der Seitenstämme verschiedenen Ursprungs. *c₂* dorsaler Längsstamm. *C. G* Cerebralganglion. *d₂* ventraler Längsstamm. *Ep* Epipharynx. *G₁* 1. Thoracalganglion. *K* Kreuzungsstelle der Hauptstämme. *L* Labium. *Lbr* Labrum. *Md* Mandibel. *Mx* Maxillen. *S. G* Subösophagealganglion. *St₁* 1. Stigma. *St₂* 2. Stigma. *T₁* 1. Thoracalsegment. *T₂* 2. Thoracalsegment. *v. H* vordere Haftfüßchen. *A₁* u. *A₂* über den Rücken des Tieres verlaufende Anastomosen. Die hier nicht aufgeführten Buchstaben finden sich im Text.

Fig. 2. Tracheensystem nach etwa 24stündigem Aufenthalt der Larve in entgastem Wasser. Das Tier wurde anschließend in sauerstoffgesättigtes Wasser gebracht und hatte 8 Tage darin gelebt. 600:1, nach dem Leben. *C. G* Cerebralganglion. *S. G* Subösophagealganglion. *T₁* 1. Thoracalganglion.

Tafel 8.

Fig. 3. Modell des 11. und 12. Segments mit der primären Membran. *A₁*, *Z₁* ableitende und zuleitende Hälfte des vorderen, *A₂*, *Z₂* des hinteren Tubulus (*A₁* u. *A₂* durch den Schnitt geöffnet). *D* Darm. *F₁*, *F₂* in die Körperwand geschnittene Fenster. *G₁* Grenzlinie, in der Darm und

Membran zusammenstoßen. G_2 Abzweigstelle der sekundären Membran. $h. H$ hinteres Haftfüßchen, halb geöffnet. $H. k$ Herzkammer. M Membran. Oe Öffnung des Trichters in das Haftfüßchen. S_{11} u. S_{12} 11. und 12. Segment. Si lateraler Blutsinus. T Trichter. $d. B$ dorsaler Blutsinus.

Fig. 4. Modell des 11. und 12. Segments mit Membranen. A_1, Z_1 , ableitende und zuleitende Hälfte des vorderen, A_2, Z_2 des hinteren Tubulus. F_1, F_2 in die Körperwand geschnittene Fenster. $h. H$ hinteres Haftfüßchen, die dorsale Hälfte entfernt. $H. k$ Herzkammer. M Membran. Oe Öffnung des Trichters in den Hohlraum des hinteren Haftfüßchens. S_{11} u. S_{12} 11. u. 12. Segment. $S. M$ sekundäre Membran. T Trichter. $d. B$ dorsaler Blutsinus.

Fig. 5. 12. Segment, von hinten gesehen, Teile der Körperwand rechts entfernt. Ao, Zo ableitende und zuleitende Hälften der oberen, Au, Zu der unteren Analanhänge (rechts Ao durch Schnitt entfernt). An After. $d. B$ dorsaler Blutsinus. F Fenster in der Körperwand. SS Symmetrieebene. $S. M$ sekundäre Membran. Die nicht aufgeführten Bezeichnungen wie in Fig. 3 u. 4.

Fig. 6. Längsschnitt durch die Basis eines Tubulus. 700 : 1. $B. G$ Blutgerinnsel. C Cuticula. Hyp Hypodermis. K Kerne in der Membran. M Membran.

Fig. 7. Querschnitt durch einen Tubulus. 700 : 1. $B. G$ Blutgerinnsel. C Cuticula. Hyp Hypodermis. K Hypodermiskerne. $K. m$ Kerne der Membran. M Membran. St Stützgerüst der Membran.

Fig. 8. Längsschnitt durch einen Analanhang. 360 : 1. $B. G$ Blutgerinnsel. C Cuticula. Hyp normale Hypodermis. H_1 verdickte Hypodermis. $K. m$ Kerne der Membran. K_1 stark vergrößerte Kerne in der verdickten Hypodermis. M Membran.

Fig. 9. Querschnitt durch einen Analanhang. 920 : 1. Bezeichnungen wie in Fig. 8.

Fig. 10. Totalpräparat des äußeren Fettkörpers, Flächenansicht. 700 : 1. $A. F$ Aufhängefaden nicht in seiner ganzen Länge gezeichnet. K Kerne mit Chromatin. $L. h$ Leibeshöhle. $P. S$ Protoplasmastränge. $Z. V$ Zellvacuolen.

Fig. 11. Querschnitt durch den äußeren Fettkörper. 920 : 1. $o. F$ osmiertes Fett. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 10.

Fig. 12. Flächenschnitt durch den inneren Fettkörper. 920 : 1. Bezeichnungen wie in Fig. 10.

Fig. 13. Querschnitt durch den inneren Fettkörper. 920 : 1. Bezeichnungen wie in Fig. 10 u. 11.

Fig. 14. Flächenschnitt durch die Membran aus der Gegend des Sinus, in den die abführenden Gefäße der Tubuli münden. 700 : 1. K Zellkerne. $P. S$ Protoplasmastränge. $Z. V$ Zellvacuolen.

Fig. 15. Querschnitt durch die Wand des Trichters im hinteren Haftfüßchen. 700 : 1. *o. F* osmiertes Fett. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 14.

Fig. 16. Vereinigungsstelle von Membran und Hypodermis an der Seitenwand des 11. Segments. 700 : 1. *a* Vereinigungsstelle. *C* Cuticula. *Hyp* Hypodermis. *M* Membran, Fettkörperstruktur. *Z* Zwischenstück.

Fig. 17. Hämatinkristalle (Mikrophotographie). 500 : 1.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Lokalisationsversuche am zentralen Nervensystem der Raupen und Falter.

Von

Stefan Kopec (Krakau).

(Aus dem Zoologischen Institut an der Jagell. Universität zu Krakau
[Direktor Prof. Dr. M. SIEDLECKI] und dem Zoologischen Laboratorium
des Herrn Prof. Dr. AL. MRÁZEK an der böhmischen Universität
zu Prag.)

Mit Tafel 9–12 und 7 Abbildungen im Text.

Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Historisches. Material und Methoden	454
2. Beobachtungen an den Raupen	458
A. Operationen am Gehirn	458
a) Entfernung des ganzen Gehirns	458
b) Durchschneidung der beiden Schlundcommissuren	465
c) Abtragung der einen Gehirnhälfte	465
d) Durchschneidung der einen Schlundcommissur	468
e) Durchschneidung des Gehirns in der Mittellinie	469
B. Operationen am unteren Schlundganglion	469
f) Entfernung des unteren Schlundganglions	469
g) Durchtrennung der beiden Commissuren zwischen dem unteren Schlundganglion und dem 1. Thoracalknoten	471
h) Durchtrennung einer dieser Commissuren	471
i) Spaltung des unteren Schlundganglions in der Mittel- linie	471

	Seite
C. Operationen an der Bauchganglienkeite	472
k) Entfernung einzelner bzw. mehrerer thoracaler oder abdominaler Ganglien; Durchschneidung oder Entfernung der beiden Längscommissuren zwischen denselben . .	472
l) Durchtrennung bzw. Entfernung der einen Längscommissur zwischen irgendwelchen Nervenknotten der Bauchganglienkeite	475
m) Durchschneidung der seitlichen Nervenstämme an thoracalen oder abdominalen Ganglien	478
3. Beobachtungen an den Puppen	479
4. Beobachtungen an den Faltern	480
A. Operationen am Gehirn	480
a) Entfernung des ganzen Gehirns bzw. Durchtrennung der beiden Schlundcommissuren	480
b) Entfernung der einen Gehirnhälfte	484
B. Operationen am unteren Schlundganglion	485
C. Operationen an der Bauchganglienkeite	486
a) Entfernung irgendeines Ganglions der Bauchganglienkeite bzw. Durchschneidung oder Entfernung der beiden Längscommissuren zwischen diesen Knoten . .	486
b) Durchschneidung bzw. Entfernung einer Längscommissur zwischen den Ganglien der Bauchganglienkeite . . .	488
5. Zusammenfassung	489

1. Historisches. Material und Methoden.

Sowohl Raupen wie Schmetterlinge sind bis jetzt in bezug auf die Funktion ihres Zentralnervensystems recht wenig untersucht. Im Jahre 1817 hat J. R. RENGGER¹⁾ den Raupen den Bauchstrang durchschnitten und dabei bemerkt, daß der hinter der Operationsstelle liegende Teil bewegungslos bleibt und von dem sich vorwärts bewegenden Vorderteil der Raupe nachgeschleppt wird. Über die Bedeutung der Kopf ganglien der Raupen haben STEINER (1890 u. 1898) und PROWAZEK (1900) einige Beobachtungen veröffentlicht, wobei aber ihre recht lakonischen Angaben zum Teil unklar, zum Teil ungenau sind (vgl. Anm. S. 470). POLIMANTI (1906 u. 1907) hat den Larven von *Bombyx mori* L. beide Längscommissuren zwischen verschiedenen Ganglien der Bauchganglienkeite durchschnitten oder die Ganglien ausgebrannt; diese ungenaue Ausbrennungsmethode erlaubte ihm aber nicht, aus seinen eigenen Ver-

1) Zitiert nach STEINER (1898).

suchen bestimmte Schlüsse über die Funktionen der beiden Kopfganglien zu ziehen. Neuerdings berichtet schließlich STÄGER (1912), daß der Vorderteil der entzweigeschnittenen Raupen von *Carpocapsa funebrana* Tr. weiter vorwärts kriechen kann.

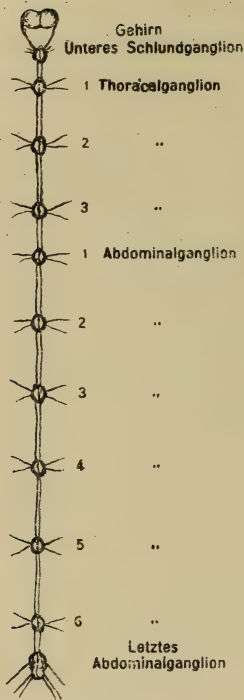
Was die ausgeschlüpften Schmetterlinge anbelangt, so ist außer einigen mehr oder weniger unexakten Angaben (größtenteils Resultaten der Köpfungsexperimente) (TREVIRANUS [1832]¹⁾, DIETL [1875]¹⁾, STEINER [1898], PROWAZEK [1900] und COMES [1912]) über die Funktionen ihres zentralen Nervensystems bis jetzt überhaupt nichts bekannt. Die Resultate der Köpfungsexperimente aber bringen über die Bedeutung jedes der beiden Kopfganglien (oberen und unteren Schlundganglions) für sich nichts Sicheres, da in diesen Fällen diese beiden Ganglien gleichzeitig entfernt werden.

Bei meinen eigenen Versuchen habe ich also vor allem die bisherigen Angaben über die Abhängigkeit der Gangart der Raupen und Imagines von einzelnen Teilen des zentralen Nervensystems mittels exakter Methoden kontrolliert, wobei mich diese Kontrolle teilweise zu ganz entgegengesetzten Resultaten führte; zweitens habe ich diese meine Untersuchungen in mehreren Richtungen vervollständigt. Es wurde schließlich die Abhängigkeit des Prozesses der Nahrungsaufnahme, der Defäkation, der Geschlechtfunktionen und der Metamorphose von der Funktion der einzelnen Teile des Zentralnervensystems dieser Tiere studiert.

Zu dem Behufe wurden vor allem mehrere größtenteils ausgewachsene Raupen von *Lymantria dispar* L. (Schwammspinner) operiert, dann auch die von *Acronycta rumicis* L., *Mamestra brassicae* L., *Macrothylacia rubi* L., *Pieris brassicae* L. und *Pieris napi* L. Die Art der verschiedenen Operationen ist aus der Inhaltsübersicht ohne weiteres ersichtlich (s. oben). Die der verschiedenen Ganglien bzw. Commissuren beraubten Raupen lieferten dabei recht verschiedenartiges Puppen- und Faltermaterial, an welchem analoge Untersuchungen gemacht werden konnten. Der äußere Bau des zentralen Nervensystems meines Hauptobjekts (*Lymantria dispar* L.) ist leicht aus der schematischen Textfig. 1 zu entnehmen. Alle nötigen Angaben über das imaginale Zentralnervensystem sind dagegen unten S. 486 zu finden.

Um die gewünschte Operation erfolgreich ausführen zu können, mußten die Raupen während der Operation bewegungslos gemacht werden,

1) Zitiert nach STEINER (1898).



Textfig. 1.



Textfig. 2.

weswegen sie mit Ätherdämpfen betäubt wurden.¹⁾ Um bei den Gehirnoperationen das tief im Kopfe liegende obere Schlundganglion (d. h. das Gehirn) der Raupe freizulegen, habe ich unter einer Binokularlupe mittels einer dünnen Schere aus der Vorderwand der Kopfkapsel eine dreieckige Chitinplatte herausgeschnitten (vgl. Textfig. 2 A, *abc*). Mit dem Chitin werden zugleich auch die starken Kaumuskeln durchschnitten und mit der Platte auch eine ziemlich bedeutende Partie der Kaumuskulatur entfernt. In

1) Werden die Raupen ohne Betäubung operiert, so krümmen sie sich nämlich während der Operation so heftig, daß der Darm bzw. der Schlund öfters weit nach außen durch die Wunde herausgedrängt wird, was den Tod des Tieres zur Folge hat. Eine nicht allzu schwere Verwundung des Darmkanals allein führt dagegen den Tod der Raupe nicht herbei: ich habe nämlich mehrere Raupen mittels einer starken Nadel an einem und demselben Leibesringe dorsoventral und transversal durchgestochen; obwohl nun in den aus den Körperwunden hervorquellenden Blutropfen mehrere Teilchen des Darminhalts deutlich zu sehen waren, der Darm also in der Tat verletzt war, wurden diese Raupen dadurch in ihrem üblichen Wachstum keineswegs gestört und ergaben zur normalen Zeit gesunde Puppen und Falter.

der auf diese Weise gebildeten Öffnung kommt nun das Gehirn zum Vorschein (Textfig. 2 B). Jetzt kann das aus zwei zusammengewachsenen Halbkugeln bestehende Gehirn seiner Längsachse nach gespalten oder nach der Durchschneidung der beiden Schlundcommissuren entfernt werden. Eine Gehirnsplattung mit nachfolgender Durchschneidung der einen Commissur erlaubt schließlich das Tier einseitig zu enthirnen, wobei die übriggebliebene Halbkugel mit dem Unterschlundganglion in unversehrter Verbindung bleibt. Mittels eines kleinen aus dünnen Drähtchen hergestellten Häkchens ist es möglich, das Gehirn von dem Schlunde etwas emporzuheben, wodurch der Scherenschnitt genauer ausgeführt werden kann. Nach der eigentlichen Operation wurde die Öffnung mittels der in einem Blutropfen aufbewahrten Chitinplatte aufs neue bedeckt, wobei das ausgeflossene Blut recht bald einen Schorf bildete, welcher die der Öffnung dicht angelegte Platte stark genug befestigte. Nach 2—3 Tagen ist die Verwachsung so weit vorgeschritten, daß der Schorf ganz weggekratzt werden konnte. Die vollständige Enthirnung habe ich noch mittels einer anderen Methode ausgeführt. Mittels kleiner Scalpells wurde nämlich den Raupen ein einziger Schnitt durch den Schädel beigebracht (Textfig. 2 A, d e). Mittels einer dünnen, tief in die Wunde eingeführten Pinzette konnte jetzt nach einiger Übung das Gehirn leicht herausgerissen werden. Obzwar diese zweite Methode viel geringere Verletzungen der Kaumuskulatur hervorruft, muß sie der ersteren nachgestellt werden, da nur beim ersteren Verfahren das Gehirn bloßgelegt und ganz exakt operiert werden konnte.

Das Unterschlundganglion liegt bei den Raupen eigentlich außerhalb des Kopfes, indem es sich an der ventralen Seite unter dem besonders weichen Chitin, welches den eigentlichen Raupenschädel mit dem 1. Thoracalsegment verbindet, befindet; die übrigen Ganglien liegen in der Mittellinie der zugehörigen Segmente. Nach einem einzigen queren ¹⁾ ventralen Scherenschnitt bildet sich an der entsprechenden Körperstelle eine Wunde, in welcher das bezügliche Ganglion bzw. die Commissuren oder seitliche Nerven leicht herauszufinden sind. Bei der Entfernung der Nervenknotten wurden sowohl alle vor und hinter diesem Ganglion liegenden Längscommissuren wie auch die seitlichen Nervenstämme durchschnitten, wonach das Ganglion aus dem Körper leicht entfernt werden konnte.²⁾ Sollte nur eine der dicht nebeneinander liegenden dünnen Längscommissuren operiert werden, so mußte mit dem oben erwähnten Häkchen, dessen feine Spitze zwischen die beiden Commissuren und den Darm eingeführt wurde, die gewählte Längscommissur von der anderen etwas abgehoben und erst dann durch- bzw. ausgeschnitten werden.

Über einige spezielle Untersuchungsmethoden s. weiter S. 460 u. 474 und Anm. 1, S. 477. Über die Behandlung der Tiere nach der Operation und über meine übliche Züchtungsmethode vgl. besonders KOPÉĆ (1911).

1) Die queren Wunden heilen viel schneller als die, welche der Längsachse der Tiere parallel angebracht wurden.

2) Wenn ich bei einem und demselben Tiere mehrere Ganglien entfernen wollte, habe ich für jeden Knoten für sich Schnitte ausgeführt.

2. Beobachtungen an den Raupen.

A. Operationen am Gehirn.

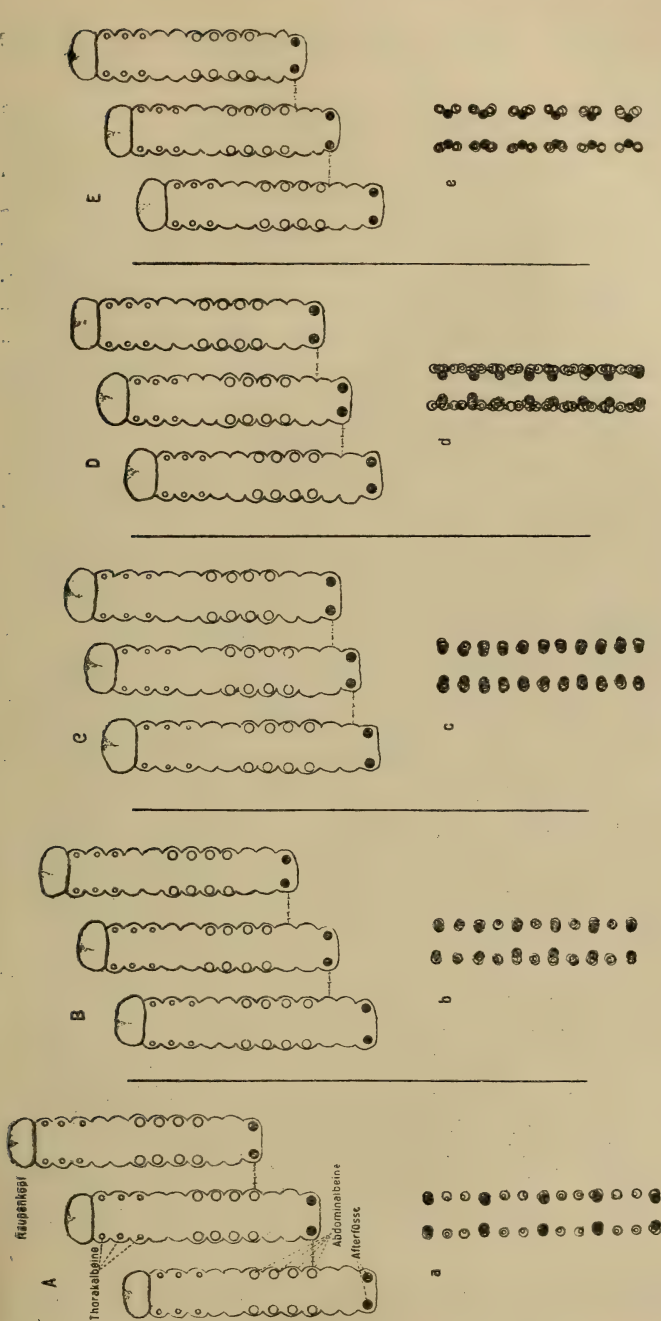
a) Entfernung des ganzen Gehirns.

Auf Grund der bei anderen Arthropoden festgestellten tonischen und hemmenden Funktionen des Gehirns meint POLIMANTI (1906 u. 1907) in dem Raupengehirn ein Koordinationszentrum der Vorwärtsbewegung erblicken zu können.¹⁾ Da er bei den Raupen die beiden Schlundganglien mittels Ausbrennungsmethode entfernte, konnte er niemals sicher sein, „se e sino a qual punta, è stata portata la lesione sopra questi due ultimi gangli“ (POLIMANTI, 1906). Bei meiner Enthirnungsmethode wurde dagegen das Gehirn vollständig so entfernt, daß das zurückgelassene Ganglion suboesophageale nicht die geringste Störung erlitt. Im Gegensatz zu der obigen POLIMANTI'schen Annahme können aber solche enthirnten Raupen aller untersuchten Arten in normaler Weise weiter kriechen und zwar auf horizontalen, senkrechten oder schräg gestellten Unterlagen, wobei sie den ihnen auf ihrem Wege begegnenden Hindernissen ausweichen bzw. dieselben überschreiten können.

Die eigentliche Bewegungswelle fängt bei allen Raupen von dem letzten Abdominalsegment an. Die Raupe hebt nämlich erst ihren letzten Abdominalring in die Höhe, wobei die Füße ihrer Längsachse nach zusammengezogen werden, wonach dieses Segment nach vorn verschoben und mittels der letzten Bauchfüße (auch Afterfüße oder Nachschieber genannt) an der Unterlage festgeheftet wird. Die Bewegungswelle geht jetzt weiter von hinten nach vorn sukzessive bis zum 1. Thoracalsegment.²⁾ Das Schreiten wird eigentlich nicht durch die Bewegung der Füße, wie es bei den Imagines der Insecten der Fall ist, sondern durch das Heben und Nach-

1) Auch RENGGER (1817) meinte, das Vorhandensein des Gehirns sei für die Ortsbewegung der Raupe unentbehrlich (zitiert nach STEINER [1898]).

2) Der Moment, in welchem die Afterfüße einen neuen Schritt zu machen beginnen, fällt mit dem Heben und Fixieren des 1. oder 2. Thoracalsegments zusammen. Am Vorderende gereizt (selten auch spontan), bewegen sich sowohl die normalen wie enthirnte Raupen manchmal rückwärts; diese Bewegung kommt in analoger Weise zustande, indem hier die Bewegungswelle in ganz entgegengesetzter Richtung verläuft.



Textfig. 3. Schema der Raupenbewegung.

A—C u. a—c erster Typus des Vorwärtskriechens: die hinteren Fußpaare treffen genau mit der Spur der vorderen Bauchfüße zusammen (A und a die Schrittweite beträgt die Länge von 3 Körpersegmenten d. h. das 4. Bauchfußpaar kommt auf die Spur des 1. Bauchfußpaares, die Afterfüße auf die des 4. Bauchfußpaares zu sehen; B, b u. C, c die Schritte um je einen Körpersegment kürzer). D u. d zweiter Typus des Vorwärtskriechens: die Schrittspuren der Füße treffen sich ganz ungenau (die Schrittweite entspricht nicht der Länge eines oder mehrerer Bauchringe, und die Spurbahn weist infolgedessen keine segmentale Gliederung auf). E u. e intermediärer Typus des Vorwärtskriechens, wo bei segmentaler Spurbahn die Schrittspur der Afterfüße nur ungenau mit denen der Bauchfüße zusammenfällt.

vornchieben der ganzen Leibesringe verursacht (vgl. CARLET [1888b] und Anm. 1, S. 462).

Die Untersuchung der Raupenbewegung kann dadurch erleichtert und vervollständigt werden, daß man die Tiere auf einem weißen, glatten, an einer Talgkerze oder einer kleinen Petroleumlampe gleichmäßig berußtem Papier schreiten läßt. Die Raupen hinterlassen dann an dieser Unterlage deutliche, weiße Kriechspuren; das Papierblatt wird dann mit alkoholischer Schellacklösung begossen, wodurch die Kriechspuren dauerhaft fixiert werden. Da beim Vortwärtskriechen viele Raupenextremitäten dieselben oder dicht benachbarte Stellen des berußten Papiers berühren, so müssen sich die Spuren der einzelnen Beine verwischen. Die oft sehr regelmäßigen Zeichnungen, die auf den Papierblättern entstehen, zeigen uns also vor allem ein Gesamtbild der Bewegung bzw. der Bewegungsart, aus dem aber auch auf die Bewegung der einzelnen Beine geschlossen werden kann (vgl. Anm. 1, S. 477).

Die Schreitspuren der normalen Raupen bestehen aus paarweise geordneten Fußspuren, welche den einzelnen oder mehreren dieselbe Stelle der Unterlage berührenden Bauchfüßen entsprechen.¹⁾ Es sind im allgemeinen zwei verschiedene Gangarten der Raupen zu unterscheiden. Bei der einen treffen die Schreitspuren der letzten in der Regel etwas mehr nach innen gerichteten Nachschieber ganz oder fast ganz genau diejenigen der vorletzten Bauchfüße (Textfig. 3 A) bzw. ist der durch die letzten Beine gemachte Schritt kleiner, wobei dieselben an derjenigen Stelle fixiert werden, welche genau der Mitte des 7. oder 8. fußlosen Abdominalsegments entspricht (Textfig. 3 B u. C); dementsprechend treffen die Spuren der 4. abdominalen Fußpaare ganz oder fast ganz genau diejenigen der 1., 2. oder 3. Bauchfüße. Wie aus dem Schema (Textfig. 3 A—C u. a—c) zu ersehen ist, resultieren aber in allen diesen Fällen beinahe ganz gleiche, paarweise geordnete Kriechspuren: sie unterscheiden sich nämlich voneinander nur dadurch, daß die einzelnen Spurenpaare verschieden stark sind, je nachdem, wieviel Beinpaare eine und dieselbe Stelle berühren (vgl. die Schreitspuren dieser Gangart der Raupen von *Mamestra brassicae* L. [Taf. 10 Fig. 7], *Acronycta rumicis* L. [Fig. 13], *Acronycta psi* L. [Fig. 16], *Saturnia pavonia* [Fig. 18], *Orgyia antiqua* L. [Fig. 19], *Macrothylacia rubi* L. [Fig. 22], *Smerinthus*

1) Die kleinen punktartigen Schreitspuren der Thoracalbeine werden in der Regel durch die Kriechspuren der Bauchfüße vollständig verwischt.

ocellata L. [Fig. 25], *Lymantria dispar* L. [Taf. 11 Fig. 28], *Pieris brassicae* L. [Fig. 41] und *Pieris napi* L. [Fig. 46]). Beim Heben und Senken der letzten Nachschieberpaare werden dieselben manchmal etwas nachgeschleppt, wodurch auf einigen Bildern (Taf. 10 Fig. 18, 22 und Taf. 11 Fig. 28) deutliche Striche zwischen einigen Spuren der Fußpaare entstehen.

Die Gangart des zweiten Typus findet statt, wenn die Kriechspuren der hinteren Beine diejenigen der vorderen ganz ungenau oder gar nicht treffen, infolge wovon auf den entsprechenden Bildern keine deutlich voneinander abgesetzten Spurenpaare der Schreitbeine mehr zu sehen sind (vgl. Schema Textfig. 3 D u. d; die Figg. 8, 14, 17, 20, 23 u. 26 der Taf. 10 sowie die Figg. 29, 30, 42 u. 47 der Taf. 11 stellen die Schreitspuren dieser Gangart bei den oben angeführten Raupenarten dar, vgl. auch Fig. 27). Zwischen diesen beiden extremen Bewegungstypen lassen sich verschiedene Übergangsformen beobachten (Taf. 10 Fig. 15, 21 u. 24). Die entsprechenden Bilder kommen nun auf verschiedene Weise zustande; wie aus dem Schema Textfig. 3 E u. e ersichtlich ist, kommen z. B. die Bilder der Figg. 21 und 24 auf folgende Weise zustande: die Beinspuren der 1.—4. abdominalen Fußpaare decken sich ganz (bzw. fast ganz) genau; im Gegensatz dazu treffen aber die Spuren der letzten Nachschieberpaare diejenigen der 4. Abdominalfüße nicht, indem sie stets hinter diesen letzteren zu finden sind.

Kehren wir jetzt zu unseren gehirnlosen Tieren zurück. Die Figg. 9 u. 10 der Taf. 10 sowie die Figg. 31, 32, 43 u. 44 der Taf. 11 stellen Kriechspuren der gehirnlosen Raupen von *Mamestra brassicae* L., *Lymantria dispar* L. und *Pieris brassicae* L. dar, wobei die Figg. 9, 31 u. 43 dem ersten, die übrigen dagegen dem zweiten Gangtypus ganz genau entsprechen. In der Fig. 32 ist höchstens im Vergleich mit dem entsprechenden normalen Bilde Fig. 29 eine größere Breite zwischen den beiden Fußspuren jedes einzelnen Beinpaares hervorzuheben (das Tier der Fig. 32 ist kleiner als das der Fig. 29). Diese Erscheinung kommt dadurch zustande, daß die enthirnten Raupen ihre Beine viel weniger senkrecht zur Unterlage und zwar mehr nach außen-hinten halten, infolgedessen der ganze Körper auch etwas niedriger liegt als beim normalen Tier. Die Veränderung in der Beinhaltung wird durch Tonusabminderung bei den enthirnten Raupen erklärlich (s. unten S. 467). Die Fig. 48, Taf. 12 zeigt uns außerdem, wie eine enthirnte Schwammspinnerraupe durch eine schräg zur Bewegungsrichtung der Larve gehaltene Linie sich in ihrem Vor-

wärtskriechen nicht aufhalten läßt; an der Fig. 49 sehen wir schließlich, wie eine gehirnlose Raupe derselben Art einen Bleistift überschritten hat.

Es kommen bei den enthirnten Larven auch alle diejenigen Körperbewegungen zutage, welche als einfache Reflexe betrachtet werden müssen und bei verschiedenen Raupenarten verschieden deutlich sind.

Reflexives Umhertasten. An der Spitze eines Zweiges angelangt bzw. ein Hindernis auf dem Wege findend, hebt die Raupe, mit den Beinen des Hinterleibes an der Unterlage fest angeheftet, den steif gehaltenen Vorderkörper (öfters samt den zwei ersten fußlosen Bauchsegmenten) in die Höhe bzw. nach den Seiten hervor, oder aber sie biegt den Vorderkörper nach allen Richtungen elastisch um, wobei die echten Beine, Mundteile und Antennen sich rege bewegen. Erst nach einigen solchen umhertastenden Bewegungen nimmt die Raupe das weitere Vorwärtskriechen vor.¹⁾

Dorsoventraler Umdrehungsreflex. Auf den Rücken gelegt, heben die Raupen ihre beiden Körperenden in die Höhe, oft etwas seitwärts, um nach einer einzigen Krampfbewegung des ganzen Körpers die normale Bauchlage wiederum zu erreichen. In anderen Fällen biegt das auf den Rücken gelegte Tier, sich auf Vorder- und Hinterende stützend, den mittleren Körperteil in die Höhe; die darauffolgende Drehung des Leibes um seine Längsachse erlaubt dann der Raupe zur normalen Lage zurückzukehren.

Totstellreflex. Nach einem Fall bzw. nach einer stärkeren Erschütterung rollt sich der Körper mehrerer Raupenarten spiralartig ein, und zwar bleibt die Dorsalseite konvex, die Ventralseite dagegen konkav. Nach einiger Zeit vollständiger Ruhe rollt sich der Raupenkörper auseinander, und das Tier kriecht aufs neue.

1) Bei diesem Umhertasten ist die Reihenfolge der in Bewegung tretenden Segmente anders als beim normalen Vorwärtskriechen: die Bewegungswelle fängt nämlich jetzt nicht von dem letzten Abdominalringe, sondern von dem 3. Thoracalsegmente an. Da andererseits ein solches Umhertasten zuweilen auch dann vorkommt, wenn sich die Tiere an hindernislosen Unterlagen bewegen, so führte mich dieser Umstand in meiner vorläufigen Mitteilung (KOPEĆ, 1912) zu der falschen Beschreibung der Reihenfolge der Segmentbewegungen beim normalen Vorwärtsschreiten und zwar deswegen, weil ich damals noch die erste Phase des eigentlichen Vorwärtsschreitens von diesen umhertastenden Bewegungen nicht klar genug unterschieden habe. Auch POLIMANTI (1906 u. 1907) und O. SCHULTZ (1897) sind bei der Beschreibung des Raupenkriechens wahrscheinlich durch diesen Umstand irreführt worden. (Die Abhandlung von H. W. B. MOORE, *Ways and habits of Caterpillars*. *Timehri* 2. 1910, p. 197—206 blieb mir leider unzugänglich.) Vgl. hierzu auch die richtigen Angaben von BURMEISTER (1832) (zitiert nach DU BOIS-REYMOND [1911]).

Abwendreflex. Bei seitlichen leichten Reizen des Kopfschädels bzw. der Thoracalringe lenkt sich der Vorderkörper mehr oder weniger rasch nach der entgegengesetzten Seite ab. Analoge Bewegungen kommen nach entsprechenden Reizen auch am Mittel- und Hinterkörper zutage.

Abwehrreflex. Wenn diese Reize stärker werden, tritt statt des Abwend- der Abwehrreflex ein. Packt man mittels einer Pinzette an irgendeinem mittleren Körperring die Raupe stark an, so biegt sowohl die normale wie die enthirnte Raupe die beiden Körperenden genau nach der gereizten Stelle hin; am Vorderende gereizt, biegt sie den hinteren Körperabschnitt und umgekehrt. Die Mandibeln machen dabei sowohl bei normalen wie bei enthirnten Raupen (und zwar besonders bei *Mamestra brassicae*) beißende Bewegungen, wobei sie die Pinzette ergreifen können; dabei wird auch eine grüne Flüssigkeitsmenge aus dem Munde ausgeschieden.

Anheftungsreflex. Wenn eine Raupe nur mittels ihrer echten Beine, bzw. nur mit den 2—3 letzten Bauchfußpaaren an einem Zweige hängen bleibt, so biegt sie sich sofort ventralwärts, wodurch sie den Zweig bald mit mehreren oder allen Füßen des übrigen Körperteils erreichen und umfassen kann. Die entsprechende Bewegungswelle verläuft je nach den Umständen entweder von vorn nach hinten oder umgekehrt.

Reflexives Umgreifen mit den Füßen. An seiner Innenseite (namentlich an der Basis) leicht berührt, biegt sich jedes Bein einer mit den Füßen nach oben gehaltenen Raupe sofort nach der Innenseite zu, den es berührenden Gegenstand umfassend. An der Mittellinie zwischen den beiden Füßen gereizt, greift die Raupe den sie berührenden Gegenstand mittels der beiden Beine. Dieser Reflex kann an mehreren Segmenten zugleich ausgelöst werden, falls mehrere Körperringe zugleich gereizt werden.

Die reflexiven Bewegungen sind nur bei den enthirnten Raupen viel langsamer und schwächer als unter normalen Bedingungen und zwar auch dann, wenn die Blutung minimal war. Es ist zu bemerken, daß die Entfernung der Augen und Antennen auf die Bewegungen der Raupen keinen analogen Einfluß hat. Die enthirnten Raupen sitzen meistens träge da, indem sie nur selten spontan und dann auch recht langsam vorwärts kriechen. Alle diese Eigentümlichkeiten der enthirnten Raupen weisen deutlich darauf hin, daß das Raupengehirn auf den Tonus der Gesamtmuskulatur einen fördernden Einfluß ausüben dürfte; nach der Enthirnung werden die Muskeln schlaffer, auch werden die einzelnen Muskelkontraktionen während der Körperbewegungen viel schwächer.¹⁾

1) Ich brauche hier das Wort „Tonus“ in altem BRONDGEEST'schen Sinne. Es handelt sich hier also nicht um eine „echte“ Tonusfunktion im Sinne JORDAN's, sondern nur um diejenige Erscheinung, welche JORDAN als „eine Verkürzung, die am normalen Tier ein Muskel, der keinerlei

Die enthirnten Raupen haben niemals mehr gefressen, obwohl, wenn das Gehirn mittels meiner zweiten Enthirnungsmethode entfernt wurde, die Mundteile (außer der vom Gehirn innervierten Oberlippe) recht gut beweglich blieben. Mit einem Blattrande berührt, faßten die Mandibeln der enthirnten Raupen das Blatt an, wobei sie aber niemals ein Stückchen des Blattes abgebissen haben, und zwar auch dann nicht, wenn die Raupe längere Zeit hindurch gefastet hatte und das Blatt ganz besonders frisch und weich war. Im Gegensatz dazu beginnen die nichtenthirnten Kontrolltiere, welche eine analoge, sogar stärkere Läsion des Kopfschädels erlitten haben, bereits einige Stunden nach der Verletzung des Kopfes sogar ältere d. h. härtere Blätter anzubeißen. Es befindet sich also im Raupengehirn ein Zentrum für die Koordination aller derjenigen Bewegungen der Mundteile und des Vorderkörpers, welche bei der Nahrungsaufnahme ausgeführt werden.¹⁾ Über das Wesen der Reize, welche die Nahrungsaufnahme der Raupen hervorrufen, läßt sich noch keine endgültige Meinung aussprechen. POLIMANTI (1906 u. 1907) hat das Benehmen der Raupen gegen verschiedene chemische Substanzen studiert und dabei festgestellt, daß „les sens chimiques (goût et odorat) n'ont que très peu de valeur pour ce qui concerne la recherche de la nourriture“. Ich selbst habe den Schwammspinner-raupen beide Antennen, Palpi labiales, alle Ocelli und Kopfwarzen entfernt und bemerkt, daß die Tiere durch diese Amputationen in ihrer normalen Nahrungsaufnahme keineswegs gestört wurden. Es hat im ganzen den Anschein, als ob die Nahrungsaufnahme bei den Raupen vorwiegend, wenn nicht ausschließlich, auf einer Reihe einfacher Reflexe beruhe, welche durch rein mechanische Reize ausgelöst werden.²⁾

Die Raupenantennen, die vom Gehirn innerviert sind, bleiben nach dem Enthirnen vollständig bewegungslos. Sie werden weit herausgestreckt und sehen aus, als ob sie aufgeblasen wären (s. unten S. 473).

Tonusfunktion zu haben braucht, unter dem Einfluß des Nervensystems aufweist“ (JORDAN, 1910a) bezeichnet hat.

1) Dieses Zentrum ist in meiner vorläufigen Mitteilung (KOPEĆ, 1912) in wenig entsprechender Weise als Zentrum der Freßlust oder der Erkennung der Nahrung bezeichnet worden.

2) Über die Bewegungen der larvalen Mundteile und des Vorderkörpers während des Fressens vgl. die Arbeit von JORDAN (1911), dessen Resultate ich bestätigen kann.

b) Durchschneidung der beiden Schlundcommissuren.

Solche Raupen unterscheiden sich von den enthirnten Larven nur durch das Verhalten der Kopfanhänge: die Antennen bleiben nämlich beweglich, während die übrigen Mundwerkzeuge jegliche Bewegungsfähigkeit verlieren, da beim Durchschneiden der Schlundcommissuren auch die feinen Nerven dieser Mundwerkzeuge, welche vom Unterschlundganglion innerviert sind, durchgetrennt werden. (In dieser Versuchsreihe bleibt der Schädel unversehrt.)

c) Abtragung der einen Gehirnhälfte.

Die einseitig enthirnten Raupen fangen bald, oft bereits 1 Stunde nach der Operation, wiederum zu kriechen an, doch ist das stets eine Manegebewegung, welche hier zu beobachten ist: die Tiere bewegen sich zwar normal und spontan, jedoch nur in Kreisen und zwar ausschließlich in der Richtung nach der intakten Körperseite hin (Taf. 12 Fig. 50). Diese Kreise sind verschieden groß, ganz regelmäßig, oder aber der Weg ist elliptisch. Manchmal schreiten die Raupen ungefähr auf demselben Kreiswege mehrere Male herum (Fig. 51), in anderen Fällen dagegen sind es nicht geschlossene Kreise, in denen sich die Raupen bewegen (Fig. 53 u. 54); ihre Kriechspur wird manchmal zu einer so eng ineinander verschlungenen Spirale, daß auf dem geschwärzten Papier durch die rastlos rotierenden Raupen nicht ein Kreis, sondern eine Kreisfläche weißgetreten wird (Fig. 52). Die operierten Raupen wurden 5—10 Tage lang beobachtet. Bei keiner kam es zu einer geraden Bewegung bzw. zu einer Bewegung nach der enthirnten Körperseite.¹⁾ Sogar im Ruhezustand ist der Raupenkörper sehr stark nach der intakten Seite zu gebogen (Taf. 9



Textfig. 4.

1) STEINER (1898) führte den Kohlweißlingsraupen die Schere in den Mund hinein und schnitt von hier aus nach oben-hinten, wonach sich die Tiere jetzt in Kreisen nach der intakten Körperseite hin bewegten. Die Beobachtung kann aber nicht als maßgebend angesehen werden und zwar deswegen nicht, weil bei solcher rohen Methode nicht sicher genug festgestellt werden kann, wie der im Kopfe liegende Teil des Nervensystems operiert wurde (vgl. hierzu die Kritik der STEINER'schen Experimente bei BETHE [1897a]).

Phot. 1). Auf dem Wege angetroffene Hindernisse, wie z. B. ein Bleistift, werden entweder umgangen (vgl. Schema Textfig. 4 A) oder überschritten (B), wobei das Tier auch in diesen Fällen sich ausschließlich in Kreisen nach der intakten Körperseite hin bewegt und zwar auch dann, wenn der Bleistift mit der enthirnten, konvexen Körperseite einen stumpfen Winkel bildet (vgl. Schema).

Solche Kreisbewegungen nach einseitiger Enthirnung oder nach der Verletzung der einen Gehirnhälfte (bzw. nach der Durchschneidung der einen Schlundcommissur) sind bei verschiedenen Arthropoden seit längerer Zeit bekannt.¹⁾ Während TREVIRANUS (1832)²⁾ diese Kreisbewegungen auf den Fortfall der Sinnesorgane an der operierten Seite zurückführt, wird von FAIVRE (1875) das Vorhandensein eines Direktionszentrums oder von STEINER (1898) das Vorhandensein eines Bewegungszentrums im Gehirn vermutet.³⁾ BINET (1894) betrachtet als Hauptursache dieser Erscheinung eine „excitation inégale“, angesichts derer die an der operierten Körperseite liegenden Beine größere Schritte machen müssen als diejenige der entgegengesetzten Körperhälfte. Nach BETHE (1897a) ist „der Kreisgang nach der gesunden Seite . . . lediglich auf die Ungehemmtheit der operierten Körperseite zurückzuführen“. Das Gehirn ist nämlich bei den von BETHE untersuchten Insecten und Crustaceen ein reflexhemmendes Organ, wobei die entsprechende Hemmung sich nur auf die gleichseitige Körperhälfte erstreckt; sowohl spontan wie auch besonders nach dem Reizen der Füße der intakten Körperhälfte kann „nach Aufhebung der Hemmung der gesunden Seite“ ein gerades Schreiten oder sogar eine Kreisbewegung nach der operierten Körperseite hin hervorgerufen werden. JORDAN (1910a u. b) schließlich macht bei *Cancer pagurus* für die Manegebewegung die abnorme (und zwar mehr nach vorn-außen gerichtete) Beugung der Beine an der operierten Körperseite verantwortlich.

Nun aber paßt für unsere Raupen keine einzige dieser Er-

1) Nähere Literaturangaben sind in den Referaten von BAGLIONI (1910), VAN RYNBERK (1912), DEGENER (1912) und MARCHAL (1913), sowie in den Arbeiten von BETHE (1897a u. 1898) und von STEINER (1898) zu finden.

2) Zitiert nach STEINER (1898).

3) Die Ansichten von STEINER und FAIVRE erklären eigentlich nichts, da die untersuchten Tiere nach vollständiger Enthirnung sich spontan ebenfalls nach allen Richtungen bewegen konnten (zur Kritik dieser Anschauungen vgl. auch BETHE [1897a] und LOEB [1899]).

klärungsweisen. Die TREVIRANUS'sche Ansicht wurde zwar von mir selbst (KOPEĆ, 1912) früher vertreten, doch habe ich mich neuerdings überzeugt, daß die einseitig geblendeten bzw. einer Antenne beraubten Raupen sich in verschiedensten Richtungen bewegen. Das Raupengehirn stellt kein Hemmungsorgan dar, auch verursacht eine einseitige Enthirnung der Larve keine größere Irritabilität der Tiere. Die anormale (und zwar mehr nach hinten-außen gerichtete) Beinhaltung an der enthirnten Körperhälfte der Raupen kann ebenfalls zu keiner Kreisbewegung nach der nichtoperierten Körperseite führen. Die Ursache der Kreisbewegungen bei unseren Schmetterlingsraupen ist eine ganz andere, und zwar kommt hier diejenige Theorie in Betracht, welche bereits durch LOEB (1899) für andere Tiere aufgestellt ist¹⁾: wir haben schon oben hervorgehoben, daß bei den gänzlich enthirnten Raupen eine Verminderung des Tonus der ganzen Körpermuskulatur zum Vorschein kommt. Nach dem Abtrennen der einen Gehirnhälfte wird dagegen nur die Muskulatur der operierten Körperseite abgeschwächt, wodurch auch die ruhende Raupe nach der intakten Körperseite hin stark gekrümmt ist.²⁾ Das Schreiten der Raupe kommt nun nicht durch das Bewegen der Beine allein, sondern, wie schon auseinandergesetzt wurde, durch das Hervorheben und Nachvorschieben der Leibesringe selbst zustande. Da andererseits die Muskeln der operierten Körperseite, deren Tonus vermindert worden ist, sich während der Bewegung schwächer zusammenziehen als die der entgegengesetzten Körperhälfte, so müssen sich die halbenthirnten Raupen stets in Kreisen nach der nichtoperierten Seite hin vorwärtsbewegen. Diese ganze Erklärungsweise findet in dem Verhalten der Bauchbeine der operierten Körperseite eine wichtige Stütze. Es zeigte sich nämlich, daß nach der einseitigen Enthirnung die anormale (mehr nach außen-hinten gerichtete) Beinhaltung, welche bei vollständig gehirnlosen Raupen beiderseitig zum Vorschein kommt (s. S. 461), hier nur an den Füßen der operierten Körperhälfte zu beobachten war; beim Heben der Bauchsegmente ziehen sich ferner die Beine der nichtoperierten Seite merklich stärker zusammen als diejenige der entgegengesetzten Körperhälfte; im Ruhezustand sind die Beine der intakten Körperseite ebenfalls

1) Vgl. hierzu auch PROWAZEK (1900) und COMES (1910 u. 1912).

2) Durch analoge Tonussenkung an der enthirnten Körperseite erklären auch BETHE (1897a) und MATULA (1911) die analoge Krümmung des Abdomens während des Ruhezustandes bei anderen von ihnen untersuchten Insekten.

stärker zusammengezogen, was wiederum auf die Tonusherabsenkung der Gesamtmuskulatur der operierten Körperhälfte ohne weiteres hinweist.

Diese Tonusasymmetrie der einseitig enthirnten Raupen kann nur künstlich ausgeglichen bzw. umgekehrt gemacht werden. Wenn wir nämlich mittels einer Nadel mehrere Vordersegmente einer solchen Raupe an der intakten Körperseite berühren, so wird der Vorderkörper gerade gehalten bzw. sogar nach der operierten Körperhälfte zu gekrümmt; wenn der ganze vordere und hintere Körperteil zugleich an der intakten Seite berührt werden, so nimmt die halbenthirnte Raupe eine ganz gerade Körperlage an oder kriecht sogar in der Richtung nach der operierten Körperseite hin.¹⁾ Dieses ganze Spiel weist darauf hin, daß durch die seitlichen Reize der Leibesringe der Muskeltonus an der gereizten Seite irgendwie im Vergleich mit der entgegengesetzten Segmenthälfte vermindert wird.²⁾

Alle Reflexe kommen vor, indem sie nur schwächer als unter normalen Bedingungen sind; beim Zustandekommen des Umdrehungs-, Anheftungs- und des Abwehr-Reflexes bleibt der sich bewegende Raupenkörper sehr deutlich nach der intakten Körperhälfte hin gebogen.

d) Durchschneidung der einen Schlundcommissur.

Solche Raupen bewegen sich sowohl nach der intakten als auch nach der operierten Körperseite hin. Aus diesem Unterschied zwischen dem Verhalten der halbenthirnten Raupen und demjenigen der Tiere mit einseitig durchtrennter Schlundcommissur ist ersichtlich, daß es zwei Wege gibt, mittels deren das Gehirn seinen tonischen Einfluß auf die gesamte Muskulatur ausübt: die eine Bahn verläuft von jeder Gehirnhälfte direkt nach den hinteren Nervenganglien, die zweite dagegen unterliegt nicht nur im Gehirn allein,

1) Die übliche Krümmung der halbenthirnten Raupe nach der nicht-operierten Körperseite hin kann durch analoge Reize der enthirnten Körperhälfte noch viel stärker gemacht werden.

2) Die Erscheinung, daß die vollständig enthirnten Raupen sich in verschiedenen Richtungen bewegen können, findet ihren Grund darin, daß sowohl der Tonus wie auch das Kontraktionsvermögen der Muskeln nicht ausschließlich vom Gehirn abhängt, sondern ebenfalls durch die Nervenknoten der ganzen Bauchganglienkette beeinflusst wird und zwar an einer (oder auch an beiden) Körperseiten herabgemindert werden kann (vgl. unten S. 472 u. 478).

sondern auch im unteren Schlundganglion einer partiellen Kreuzung (S. 477).

e) Durchschneidung des Gehirns in der Mittellinie.

Die Raupen dieser Versuchsreihe bewegen sich entweder nach allen Richtungen oder kriechen ausschließlich in Kreisen nach einer und derselben Seite hin. Dieses verschiedene Benehmen der auf eine und dieselbe Weise operierten Raupen wird dadurch verständlich, daß es recht schwer ist, das kleine Raupengehirn ganz genau in der Mitte zu durchtrennen; angesichts dessen herrschen in den beiden Gehirnpartien oft ungleiche Verhältnisse, die daher ihren äußeren Ausdruck in einer Kreisbewegung nach einer und derselben Richtung finden können.

B. Operationen am unteren Schlundganglion.

f) Entfernung des unteren Schlundganglions.

Bei Raupen, denen ich das untere Schlundganglion entfernte, habe ich niemals mehr ein koordiniertes Vorwärtsschreiten beobachten können. Es kommt trotzdem oft vor, daß die entsprechenden Raupen, sich selbst überlassen, nach einiger Zeit an ganz anderen Orten des Behälters zu finden sind. Diese Ortsveränderungen haben aber mit normalem Schreiten nichts Gemeinsames: sich mit den 3. und 4. Bauchbeinpaaren fest an die Unterlage anheftend, heben nämlich die Raupen plötzlich den vorderen und hinteren Körperteil krampfartig nach oben; die emporgehobenen Körperenden werden dann wiederum gesenkt, wobei das Hinterende oft ventralwärts, d. h. unter den Mittelkörper, umgebogen wird. In diesen Fällen kann es nun zu einer Bewegungswelle aller Segmente nach vorn kommen, wobei denn auch der Raupenkörper etwas nach vorn geschoben wird.¹⁾ Nur äußerst selten wird nach dieser vereinzelter Bewegung des Gesamtkörpers noch eine 2. bzw. auch 3. und 4. Bewegungswelle beobachtet, wobei aber dann dieselbe nie von dem letzten Abdominalringe, wie dies beim normalen Kriechen der Fall ist, sondern stets vom 7. oder 6., sogar 5. Hinterleibsringe ausgeht, während die Endsegmente emporgehoben und starr gehalten werden. In anderen Fällen bewegen sich wiederum die beiden Körperenden zugleich seitlich und zwar in ganz

1) Ein analoger vereinzelter „Schritt“ kann künstlich auch bei normalen Raupen hervorgerufen werden, indem man den Raupen das Hinterende unter den Mittelkörper etwas verbiegt; ein solcher „Schritt“ stellt augenscheinlich irgendeinen beinordnenden Reflex dar.

entgegengesetzten Richtungen: wird z. B. das Vorderende krampfartig nach rechts-oben gerichtet, so bewegt sich zugleich der Hinterkörper nach links-unten; wenn die Raupe sich mit den 3. und 4. Abdominalfüßen, mit welchen sie an der Unterlage fixiert war, losläßt, führen solche krampfartige Bewegungen zum mehrmaligen Umrollen der Tiere der Längsachse nach. Im großen und ganzen ist es also ersichtlich, daß die erwähnten Ortsveränderungen dieser Raupen kein eigentliches koordiniertes Vorwärtskriechen darstellen, indem sie ausschließlich auf unregelmäßigen, oft vereinzelter Bewegungen beruhen: im unteren Schlundganglion der Raupen liegt demnach ein Koordinationszentrum für das normale Vorwärtsschreiten dieser Tiere.¹⁾

Von den oben beschriebenen Reflexen fehlen bei den Tieren dieser Versuchsreihe nur die reflexiven umhertastenden Bewegungen und derjenige Abwendreflex, welcher mittels der Kopfreizung am Vorderkörper der normalen Raupen auslösbar ist. Alle übrigen

1) Die kurze Mitteilung STEINER's, „daß auch Raupen, zunächst jene des Weißlings, nach Abtragung des Kopfsegmentes regelmäßige Ortsbewegungen ausführen“ (STEINER, 1898, p. 48), läßt sich mit diesen meinen Ausführungen auf diese Weise in Einklang bringen, daß in STEINER's unexakten Experimenten bei der Köpfung der Raupen wahrscheinlich nur das Gehirn entfernt wurde, wogegen das untere Schlundganglion, welches, wie bereits oben angedeutet wurde, eigentlich außerhalb des Kopfschädels liegt, bei den geköpften Raupen im Raupenkörper geblieben ist.

Außerdem sind hier noch einige Beobachtungen von PROWAZEK (1900) kurz zu besprechen, da sie auf den ersten Blick im Gegensatz zu meinen Befunden stehen. Nachdem nämlich PROWAZEK berichtet hat, daß die Imago von *Zygaena filipendulae* nach Abtragung des Gehirns in ihrer „früheren apathischen Ruhe“ bleibt und „fast gar nicht kriecht“, schreibt er weiter: „Auch bei Raupen konnte keine auffallende Veränderung konstatiert werden, doch gingen sie bald an Verblutung zu Grunde. Sonst lagen sie ruhig da und reagierten besonders auf Reizungen der vorderen und hinteren letzten Segmente. Die Entfernung des unteren Schlundganglions hatte aber fast die gleichen Erscheinungen zur Folge“ (PROWAZEK, 1900, p. 148). Nun aber ist es erstens aus dieser lakonischen Angabe nicht ersichtlich, ob die Bewegungen, welche die Raupen, denen PROWAZEK das untere Schlundganglion entfernte, auszuführen pflegten, normale Vorwärtsbewegungen waren oder ob sie vielmehr nur die unkoordinierten Körperbewegungen bzw. Reflexe darstellen, welche auch ich bei solchen Raupen bemerkt habe und welche mit normalem Kriechen nicht verwechselt werden dürfen. Zweitens dürfte sich vielleicht die Methodik von PROWAZEK, über welche er uns nichts Näheres berichtet, als ungeeignet erwiesen haben.

Reflexbewegungen kommen vor, sie stehen aber bei solchen Tieren im schroffen Gegensatz zu denjenigen der enthirnten Raupen: die Bewegungen werden nämlich nach dem Entfernen des unteren Schlundganglions ganz besonders stark, indem sie einen auffallend tonischen, sozusagen krampfartigen Charakter annehmen.¹⁾ Dieser Gegensatz kann bei einem und demselben Tiere beobachtet werden: man operiert nämlich eine enthirnte, also träge, wenig erregbare und mittels schwacher Reflexbewegungen reagierende Raupe aufs neue, indem man ihr unteres Schlundganglion entfernt; die Reflexe werden jetzt sofort stärker, der Gesamtkörper besonders stark erregbar. Es zeigt sich also, daß das untere Schlundganglion der Raupen ein Hemmungszentrum darstellt, indem es den Einfluß, welchen das Gehirn bzw. die Nervenknotten der Bauchganglienreihe auf den Tonus, auf das Kontraktionsvermögen und auf die Erregbarkeit der Muskulatur ausüben, herabmindert.

Die vom Unterschlundganglion innervierten Mandibeln und Maxillen (Unterlippe) bleiben selbstverständlich unbeweglich.

g) Durchtrennung der beiden Commissuren
zwischen dem unterem Schlundganglion und dem
1. Thoracalknoten.

Obwohl bei solchen Raupen alle Mundteile beweglich bleiben, nehmen auch diese Tiere keine Nahrung mehr an und zwar nicht nur deswegen, weil sie nicht mehr kriechen und umhertastende Reflexbewegungen ausführen, also die Nahrung aufzufinden imstande sind: es fehlen bei ihnen auch alle diejenigen schwachen koordinierten Kopf- und Vorderkörperbewegungen, welche die normalen Raupen beim Verkauen der Blätter ausführen und deren Zentrum wir im Raupengehirn gefunden haben (vgl. JORDAN, 1911).

h) Durchtrennung der einen Commissur
zwischen dem unteren Schlundganglion und dem
1. Thoracalganglion.

Die Raupen fressen normal weiter. Über einige Besonderheiten ihrer Vorwärtsbewegung vgl. unten S. 476f.

i) Spaltung des unteren Schlundganglions in
der Mittellinie.

Die Durchtrennung des Unterschlundganglions in der Mittellinie (ohne Durchschneiden irgendeiner Commissur) hat sogleich ein Ausbleiben der

1) Nur der Totstellreflex bleibt nach dem Entfernen des Unterschlundganglions ebenso schwach wie nach dem Enthirnen der Raupe.

koordinierten Vorwärtsbewegungen zur Folge. Auch bleiben die Mandibeln und die Unterlippe unbeweglich. Man kann aber aus diesen Resultaten keineswegs auf eine vollständige Kreuzung der entsprechenden Nervenbahnen im Unterschlundganglion schließen: beim Durchschneiden solch eines winzigen Ganglions kommt es nämlich vielleicht einfach zur Zerstörung der entsprechenden Zentren, welche in diesem Ganglion ihren Sitz haben.

C. Operationen an der Bauchganglienkette.

k) Entfernung einzelner bzw. mehrerer thoracaler oder abdominaler Ganglien; Durchschneidung oder Entfernung der beiden Längscommissuren zwischen denselben.

Nach dem Entfernen irgendeines dieser Ganglien fällt vor allem eine starke „Aufblähung“ der operierten Körperringe ins Auge; eine analoge, wenngleich erheblich schwächere Aufblähung kommt auch an dem benachbarten, hinter dem operierten Leibesringe liegenden Segment deutlich zum Vorschein. Diese stets eintretende Erscheinung ist ohne jeden Zweifel durch die postoperative Tonussenkung der entsprechenden Segmente verursacht, wie es SASSE (1912) bei den in analoger Weise operierten *Lucanus cervus*-Larven hervorgehoben hat; die Muskulatur der betreffenden Körperringe erschlafft nämlich nach der Operation derartig, daß die Leibeswand dieser Segmente dem von innen wirkenden Blutdrucke keinen normalen Widerstand mehr entgegensetzen kann, was eine scheinbare Aufblähung der Segmente zur Folge hat. Jedes Ganglion übt also einen fördernden Einfluß vor allem auf den Tonus seiner eigenen Muskulatur, dann aber auch (allerdings in viel geringerem Grade) auf den Tonus und auf das Kontraktionsvermögen des nächstfolgenden Körperringes. Diese Vermutung stimmt mit der Erscheinung, daß bei Raupen, welchen die beiden Commissuren zwischen den Ganglien durchtrennt, die Ganglien allein intakt geblieben waren, nur eine schwache Aufblähung und zwar nur an dem einzigen unmittelbar hinter dem Schnitte liegenden Segment zu beobachten war. Die beschriebene Aufblähung wird um so stärker, je näher dem Hinterende die Raupe operiert wurde, wobei die Ursache dieser Erscheinung nicht festzustellen ist. Es möge noch darauf hingewiesen werden, daß die Knoten der Bauchganglienkette keinen

nachweisbaren Einfluß auf den Muskeltonus der vor den einzelnen Ganglien liegenden Körperringe ausüben.

Die Beine der ganglienlosen Segmente werden stets weit nach außen gespreizt (Taf. 9 Fig. 3) und aufgebläht, was ebenfalls durch die Tonussenkung der Beinmuskeln und durch die oben erwähnten Blutdruckverhältnisse erklärt werden kann (vgl. analoges Verhalten der Antennen bei gehirnlosen Raupen). Diese Beine bleiben anfangs ganz unreizbar und unbeweglich, indem nur die Sohle der Abdominalfüße nach künstlichem Reizen sich leicht zusammenzuziehen imstande ist; diese geringen Bewegungen, welche einen streng lokalen Charakter aufweisen, möchte ich auf eine direkte Reaktionsfähigkeit der Sohlenmuskeln zurückführen, indem diese Muskeln ihre Kontraktionsfähigkeit und Erregbarkeit nach dem Entfernen des Ganglions augenscheinlich nicht einbüßen. Bemerkenswerter sind dagegen diejenigen Beinbewegungen, welche bei ganglienlosen Beinen erst 2–3 Tage nach der Operation mittels entsprechender Reize auslösbar sind und welche typische Umgreifungsreflexe darstellen (S. 463). Nach weiteren 2–3 Tagen sind diese Reflexe nicht mehr zu beobachten. Dieses merkwürdige Verhalten der operierten Extremitäten kann durch bloßes Beibehalten der direkten Reaktionsfähigkeit der Beinmuskeln nach dem Entfernen des Ganglions nicht mehr erklärt werden, und zwar deswegen nicht, weil es sich hier um verhältnismäßig kompliziertere Bewegungen der ganzen Beine nach einer streng lokalen Reizung handelt. Es ist wohl möglich (aber nicht sicher!), daß diese Beinbewegungen Analoges zu dem berühmten Befund BETHE'S (1897b u. 1898) darstellen; dieser verdienstvolle Autor hat nämlich komplizierte Bewegungen der zweiten Antennen bei *Carcinus maenas* L. nach vollständiger Entfernung des ganzen zentralen Gebietes dieser Antennen beobachtet. Er hat aber bei seinem Material die vollständige Entfernung aller diesbezüglichen Ganglienzellen in unbestreitbarer Weise auf mikroskopischem Wege festgestellt; unser Fall wurde dagegen nicht weiter histologisch untersucht. (Analoge Beobachtungen habe ich auch an den Mundteilen nach dem Entfernen des Unterschlundganglions gemacht.)

Der hinter der Operationsstelle liegende Körperteil wird, falls er nicht allzu groß ist, durch den sich vorwärtsbewegenden Vorder teil nachgeschleppt. Je weiter am Raupenkörper die Operation stattgefunden hat, desto leichter und schneller kann sich die Raupe bewegen: die beiden Linien, welche in diesen Fällen auf dem be- rußten Papier an beiden Seiten der eigentlichen Fußspuren zu sehen

sind und von den unbeweglich nachgeschleppten Beinen des hinteren Körperteiles stammen, sind in den Fällen der Figg. 33 u. 34 (Taf. 11), in welchen die beiden Commissuren zwischen dem 6. und 7. Abdominalganglion (bzw. das 6. Ganglion) ausgeschnitten wurden, nicht so stark wie im Falle der Fig. 35, wo die Längscommissuren zwischen dem 4. und 5. Nervenknotten durchschnitten waren, wo also der nachgeschleppte Körperteil viel größer war (vgl. hierzu auch Fig. 45). In allen diesen Fällen bewegt sich, wie schon POLIMANTI richtig bemerkt hat, zuerst dasjenige Abdominalsegment, welches vor dem operierten Körperringe liegt, dann geht eine normale Bewegungswelle sukzessive von demselben nach vorn. Diese Beobachtung erlaubt nun darauf zu schließen daß bei den Raupen mehrere Bahnen existieren, die vom Bewegungszentrum (d. h. vom unteren Schlundganglion) nach den einzelnen Körperringen gesondert verlaufen.¹⁾ Die Körperfragmente, welche auf die im Nachstehenden zu beschreibende Weise hergestellt werden und welche nur aus dem Raupenkopf und den 3 Thoracalsegmenten zusammengesetzt sind, können sich in analoger Weise vorwärts bewegen.

Die reflexiven, umhertastenden Bewegungen fallen nur dann aus, wenn den Tieren eines der vorderen Körpersegmente operiert wurde. Hat die Operation am mittleren Körpersegment stattgefunden, so sind die Raupen nicht imstande, den Umdrehungsreflex auszuführen. In diesen Fällen, in welchen man den Raupen irgendein Thoracal- oder 1.—2. Abdominalganglion (bzw. mehrere dieser Knoten zusammen) entfernt, wird der nunmehr stark vorn aufgeblähte Raupenkörper in der Mitte unter fast rechtem Winkel stark nach der Bauchseite eingeknickt, so daß das Tier nur noch auf der Seite liegen kann (vgl. Taf. 9 Phot. 2, welche diese charakteristische Lage einer solchen Raupe nach Entfernung des 2. und 3. Thoracalganglions zur Darstellung bringt). Das Studium der Raupenreflexe kann dadurch erleichtert werden, daß man sich von diesen Tieren Körperfragmente verschafft: mit einem dünnen, aber starken Faden wird der Raupenkörper an der gewählten Stelle fest eingeschnürt; dann kann der vor oder hinter dieser Ligatur liegende Körperabschnitt abgetrennt werden ohne Gefahr, daß der zurückbleibende Teil durch Verblutung schlaff

1) Diese Tatsache wird dadurch bestätigt, daß auch bei intakten Raupen manchmal eine Bewegungswelle zu beobachten ist, welche nicht am letzten, sondern an irgendeinem anderen Körperringe anfängt. Bei reflexiven umhertastenden Bewegungen pflegt die Bewegungswelle stets von dem 3. Thoracalsegmente auszugehen.

werde. Mittels zweier Ligaturen und der entsprechend durchgeführten Schnitte kann man sich auch Fragmente aus dem Mittelkörper verschaffen. Alle solche Raupenfragmente bleiben mehrere Tage lang am Leben und sind imstande, den Umdrehungsreflex auszuführen unter der Bedingung, daß sie aus wenigstens 4—5 Körperringen bestehen.

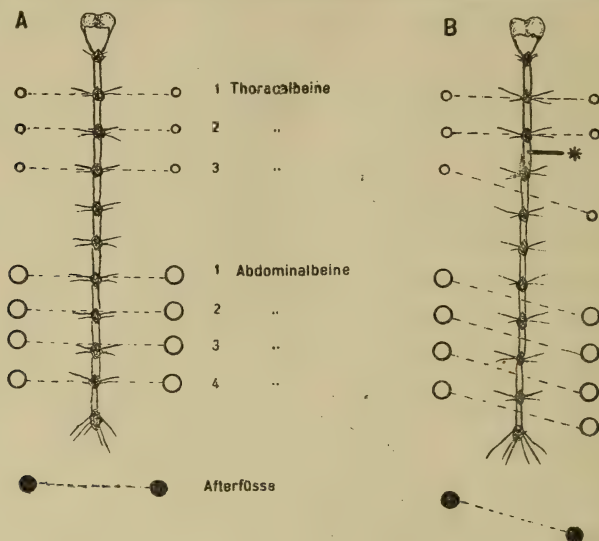
Sowohl nach dem Entfernen irgendeines Thoracalganglions wie auch nach dem Durchschneiden der beiden Längscommissuren zwischen diesen Nervenknotten fehlt bei den Tieren der vordere Abwendreflex, falls dagegen einer der letzteren Abdominalringe operiert wird, ist dieser Reflex am hinteren Körperteil nicht zu beobachten. Bei Raupen, denen beide Längscommissuren zwischen beliebigen Ganglien der Bauchganglienreihe durchtrennt wurden, bleiben die Anheftungsreflexe stets erhalten: die entsprechende Bewegungswelle geht vom vorderen bzw. hinteren Körperende aus bis zu der Stelle, an welcher der Raupenkörper operiert wurde; der hinter dieser Stelle liegende Körperteil kann nur passiv mitbewegt werden, falls er nicht allzu groß ist. Beim Entfernen der Ganglien wird dieser Reflex oft durch das oben beschriebene Aufblähen der Segmente und durch die Knickung des Körpers sehr erschwert bzw. kann manchmal überhaupt nicht zustande kommen. Beim Abwehrreflex bewegt sich nur das Körperende, welches mit der gereizten Segmentstelle in ununterbrochenem nervösen Zusammenhange steht, indem auch hier der übrige Körperteil nur passiv mitbewegt werden kann. Der Totstellreflex findet nur bei den an Thoracalsegmenten operierten Raupen nicht statt. Über die Schlußfolgerungen, welche aus diesem Benehmen der Raupen in bezug auf die Reflexbewegungen zu ziehen sind, vgl. Zusammenfassung.

Nur bei solchen Tieren, denen das letzte Ganglion entfernt wurde, kommt die Kotentleerung nicht zustande, was schließlich zum Tode führt.

1) Durchtrennung bzw. Entfernung der einen Längscommissur zwischen irgendwelchen Nervenknotten der Bauchganglienreihe.

Die Beine der operierten Körperseite werden auf ebensolche Weise, wie es oben bei halbenthirnten Raupen beschrieben war, verschoben. Die die Enden eines jeden Fußpaares verbindende Linie verläuft jetzt nicht senkrecht zur Längsachse der Tiere (wie bei normalen Raupen, vgl. Schema Textfig. 5 A), sondern schräg und zwar mit

einer Senkung nach der operierten Körperseite hin (*B*). Der hinter der Operationsstelle (Textfig. 5 B *) liegende Teil verliert keineswegs das Vermögen, normale Schreitbewegungen auszuführen, welche mit denjenigen des Vorderteiles in koordiniertem Zusammenhange stehen.



Textfig. 5.

Der einzige Unterschied von dem normalen Schreiten besteht darin, daß bei den operierten Exemplaren der hinter der Operationsstelle liegende Körperteil beim Emporheben und Nachvorschieben der Segmente oft recht auffallend stark nach der intakten Körperseite umgebogen wird, da sich die Muskulatur der operierten Seite an diesen Segmentbewegungen in viel geringerem Grade beteiligt.¹⁾ Die Kriechbahnen, welche durch solche Raupen auf dem beruhten Papier weiß getreten werden, haben oft auf den ersten Anblick nichts Gemeinsames miteinander, indem sie fast in jedem Falle ganz anders aussehen (vgl. Taf. 11 Fig. 37—40). Alle diese Bilder unterscheiden sich aber eigentlich nur quantitativ voneinander; die Umstände, welche hier in Betracht kommen, sind überall dieselben und zwar folgende: erstens der Umstand, an welcher Körperstelle die Ope-

1) Alle diese Anomalien sind auch bei solchen Raupen zu beobachten, denen eine Längscommissur zwischen dem 1. thoracalen Nervenknotten und dem Unterschlundganglion durchtrennt wurde. Solche Tiere unterscheiden sich nämlich von den Raupen dieser Versuchsreihe gar nicht.

ration ausgeführt wurde, wie viele Beine also verschoben werden, zweitens wie groß die Umbiegung des hinter der Operationsstelle liegenden Körperteiles ist. Angesichts dieser Verschiebung und Verbiegung können sich die Spuren der Beinpaare nicht in dicht nacheinander geordneten Paaren ordnen, wie wir es bei normalem Vorwärtsschreiten gesehen haben (vgl. z. B. Fig. 28—30, Taf. 11). Wie nämlich nach kurzer Überlegung klar wird, müssen jetzt andere Bilder zutage kommen: in Fällen, wo die Verschiebungen klein sind, kommt es bei den Tieren, welche sich nach dem zweiten Gangtypus bewegen (S. 461), zu dem verwickelten Bilde Fig. 37; kriecht dagegen die Raupe nach dem ersten Typus, dann ordnen sich die Schreitspuren jeder Körperseite zu regelmäßigen Fleckenreihen (Fig. 38). Bei stärkeren Verbiegungen kommen schließlich die Figg. 39—40 zum Vorschein.¹⁾ Es muß ganz besonders hervorgehoben werden, daß die Füße der hinter der Operationsstelle liegenden Körpersegmente während des Kriechens ihrer Längsachse nach zusammengezogen werden, obwohl dieses Zusammenziehen an der operierten Körperseite auffallend schwach ist. Dieses Benehmen weist jedenfalls darauf hin, daß beim Vorwärtskriechen der Raupe die Muskulatur der hinter der Operationsstelle liegenden Ringe auch an der operierten Leibeshälfte beteiligt ist. Das im wesentlichen vollständig normale Vorwärtsschreiten der Raupen dieser Versuchsreihe läßt darauf schließen, daß die Bahnen, durch die die entsprechenden Impulse vom unteren Schlundganglion geordnet nach allen Nervenknoten der Bauchganglienreihe vermittelt werden, in jedem dieser Ganglien (vielleicht auch in dem Bewegungszentrum allein) einer partiellen Kreuzung unterliegen.

Da die Raupen während der Ruhe ihren ganzen Körper vollständig gerade zu halten pflegen, so zeigt es sich, daß die nervösen Bahnen, welche den tonischen Einfluß des Gehirns nach hinten übermitteln, nicht nur in dem Gehirn allein, sondern auch in jedem Nervenknoten der Bauchganglienreihe einer partiellen Kreuzung unterliegen. Eine Ausnahme stellen hier nur die Beinmuskeln dar, was aus der oben hervorgehobenen Verschiebung der Beine sowohl beim Vorwärtskriechen wie auch im Ruhezustand der Raupe dieser Versuchsreihe zu schließen ist.

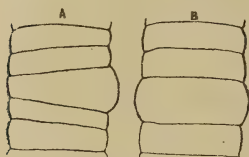
Auch alle Reflexe bleiben erhalten; beim Zustandekommen der

1) Das Benehmen der Raupenfüße ist besonders dann gut zu beobachten, wenn man die Tiere auf eine Glasplatte, die über einen Spiegel gehalten wird, legt und das Bild im Spiegel studiert.

Umdrehung, der Anheftungs- und Abwehrreflexe biegt sich der hinter der Operationsstelle liegende Körperteil wiederum nach der intakten Körperseite um.

m) Durchschneidung der seitlichen Nervenstämme an thoracalen oder abdominalen Ganglien.

Das operierte Segment wird an einer oder beiden Seiten aufgebläht, je nachdem ob die Seitennerven an einer oder an beiden Körperseiten durchschnitten wurden (Textfig. 6 A, B). Diese Erscheinung liefert einen weiteren Beweis für die oben ausgesprochene Meinung (S. 472), daß jedes Ganglion der Bauchganglienkette einen starken tonischen Einfluß auf die Muskulatur des zugehörigen Körperringes der Raupe ausübt.



Textfig. 6.

Sogar beiderseitig operierte Raupen kriechen normal weiter: die Bewegungswelle geht vom letzten Segment aus, erstreckt sich bis zu demjenigen Körperringe, welcher operiert wurde; unmittelbar darauf bewegt sich der vor dem operierten Segment liegende Ring, während das operierte Segment allein unbeweglich bleibt und nur passiv vorwärts geschoben wird. (Die Figg. 11—12, Taf. 10 stellen Kriechspuren solcher Raupen von *Mamestra brassicae* dar, welchen die beiden Seitennerven des 4. bzw. des 6. Abdominalganglions nur an der rechten Seite durchgetrennt wurden; die Fig. 36, Taf. 11 stammt dagegen von einer Schwammspinnerlarve, die in analoger Weise am 6. Abdominalknoten beiderseitig operiert wurde; die an der rechten bzw. an den beiden Seiten verlaufenden Striche bzw. Linien stammen von den nachgeschleppten unbeweglichen Beinen des 4. bzw. 6. Abdominalringes; in den Fällen einseitiger Operation bleiben die intakten Beine des operierten Leibesringes normal beweglich.) Die Umdrehungs-, Anheftungs- und Abwehrreflexe sind ebenfalls zu beobachten; die entsprechende Bewegungswelle überspringt einfach den nach beiderseitiger Operation unbeweglich gewordenen und unreizbaren Körperring, so daß der ganze Körper harmonische Gesamtbewegungen ausführen kann. Die Bewegungsgeschwindigkeit weist dabei keine wahrnehmbare Verzögerung auf, was besonders hervorzuheben ist. Beim Vorwärtsbewegen werden also in der Tat nicht die Bewegungen einzelner Segmente, sondern ausschließlich die Reihenfolge mehrerer aus dem Unterschlundganglion zu jedem Körpersegment gesondert verlaufenden Impulse koordiniert (S. 474); es ist nämlich

für das Kriechen der Raupen ohne Bedeutung, ob irgendein Segment die ihm zukommende Bewegung ausführt oder nicht. Was den Mechanismus der Reflexe anbetrifft, so führen uns unsere Beobachtungen zu denselben Schlüssen, zu welchen SASSE (1912) auf Grund analoger Untersuchungen über die peristaltischen Bewegungen der Hirschkäferlarven geführt wurde.¹⁾ Bei den Reflexen der Raupen, bei welchen der Reiz von jedem Ganglion der Bauchganglienketten in beiden Richtungen, d. h. nach vorn und nach hinten, geleitet werden kann, kann die entsprechende Bewegungswelle wie bei Hirschkäferlarven die gelähmten Segmente überspringen; die ganze Bewegung ist also „weder myogener Natur ... noch an segmentale Reflexe gebunden“ (SASSE, 1912). Beim Regenwurm hat viel früher BIEDERMANN (1904) analoge Resultate erhoben, weswegen die FRIEDLÄNDER'sche Betrachtung der Locomotion dieser Tiere als einer Kette von Reflexwirkungen (FRIEDLÄNDER, 1894) ebenso überflüssig erscheint wie die Annahme von POLIMANTI (1907), daß beim Schreiten der Raupen „une coordination périphérique“ nötig wäre „qui s'exerce sous forme d'une contraction successive et simultanée des fibres musculaires qui vont constituer chacun des myomères“ (1907. p. 352).

3. Beobachtungen an den Puppen.

Der Verlauf der Metamorphose bei den operierten Raupen wurde an einer anderen Stelle eingehend erörtert (KOPEĆ, 1917a u. b); hier sei nur kurz hervorgehoben, daß die Raupen aller Versuchsreihen unter Umständen ganz gesunde Puppen und Falter liefern können.

Die Puppen aller meiner Versuchsreihen bewegen sich vollständig normal. Die bekannten Puppenbewegungen haben aber mit denjenigen Vorwärtsbewegungen der Raupen, welche im Unterschlundganglion ein Koordinationszentrum besitzen, nichts Gemeinsames, indem sie vielmehr ganz einfach und den Abwehr- und Abwendreflexen der Larven ähnlich sind. Für das Zustandekommen dieser Puppenbewegungen genügt vollständig das Vorhandensein eines gesonderten Zentrums in jedem Ganglion für die Kontraktion

1) Die locomotorische Peristaltik der *Lucanus cervus*-Larven ist vom Kriechen der Raupen u. a. dadurch verschieden, daß es bei peristaltischen Bewegungen der *Lucanus*-Larven keine Sonderbahnen gibt, die den Reiz von irgendeinem Ganglion, das als Zentrum betrachtet werden könnte, nach einzelnen Segmenten gesondert leiten. Diese Peristaltik ist nach SASSE eher „auf eine den Bauchstrang von hinten nach vorn durchlaufende Erregungswelle“ zurückzuführen.

der zugehörigen Muskulatur. Der entsprechende Reiz wird unter normalen Bedingungen in ganz ähnlicher Weise, wie es oben für analoge Reflexe der Raupen angedeutet wurde, von dem gereizten Segment nach vorn und hinten geleitet. Anders geschieht es aber bei solchen Raupen, welche trotz des Mangels eines bzw. mehrerer Ganglien normale Körperbewegungen auszuführen imstande sind. Die Muskulatur kommt nämlich in den ganglienlosen Segmenten nicht zur Entwicklung (KOPEĆ, 1917a u. b), weswegen in diesen Fällen für die Bewegung des Gesamtkörpers die Steifheit des Puppenchitins als entscheidender Faktor in Betracht kommt. Falls nämlich die entsprechende „Bewegungswelle“ auf einen ganglion-, also muskellosen Körperring stößt, so wird jetzt das steife Chitin des betreffenden Körpersegments durch den auf das Chitin ausgeübten Druck (bzw. Zug) passiv bewegt, wodurch auch das steife Chitin des weiteren folgenden Körperringes in Bewegung gebracht wird; auf diese Weise kann nun die „Bewegungswelle“ das ganglionlose (bzw. mehrere ganglienlose Körperringe) rasch überspringen.

4. Beobachtungen an Faltern.

Es muß vor allem hervorgehoben werden, daß alle Falter meines Versuchsmaterials ausschließlich im Raupenstadium operiert wurden. Mittels sorgfältiger Sektion der Schmetterlinge wurde in jedem Falle das Verhalten des zurückgebliebenen Teiles des Zentralnervensystems studiert, wobei es sich herausgestellt hat, daß kein einziger Teil des larvalen Nervensystems regenerationsfähig ist. Es kam auch niemals zur Verschmelzung der durchschnittenen larvalen Längscommissuren.

A. Operationen am Gehirn.

- a) Entfernung des ganzen Gehirns bzw. Durchtrennung der beiden Schlundcommissuren.

Falter, welche von entsprechend operierten Raupen stammen, bleiben imstande sich normal zu bewegen. Die Insecten schreiten bekanntlich auf die Weise, daß bei jedem Schritte sich auf einmal 3 und zwar stets abwechselnd dieselben 3 Füße bewegen: bei einem Schritte sind es nämlich das 1. und 3. Bein der einen z. B. der rechten Körperseite und zugleich das 2. Bein der linken Körperhälfte, welche nach vorn greifen; der folgende Schritt wird dagegen durch

die übrigen 3 Beine vollführt. Wie ersichtlich, ruht der Körper dabei stets fest auf den 3 Füßen, deren Spitzen ein Dreieck bilden. Da dabei jedes hintere Bein ungefähr an der Stelle fixiert wird, welche der vordere Fuß derselben Körperseite berührte, so resultieren daraus am beruhten Papier Schreitspuren, welche wir in Fig. 55, Taf. 12 sehen. Die Beine der operierten Exemplare, besonders diejenigen des 1. Paares, werden aber etwas mehr nach vorn-innen gerichtet als bei normalen Tieren; das Gehirn übt also einen positiven tonischen Einfluß auf diejenigen Fußmuskeln, welche die Beinhaltung nach hinten bedingen.

Die enthirnten Schmetterlinge können auch in normaler Weise fliegen, und zwar in verschiedenen Richtungen, obwohl der Flug in die Höhe nur recht selten zu beobachten ist. Auch ein Umdrehungsreflex ist bei solchen Faltern erhalten; auch kommen die reflexiven, umgreifenden Beinbewegungen zum Vorschein, welche den oben bei den Raupen beschriebenen vollständig analog sind. Alle diese Bewegungen (inklusive Vorwärtsschreiten) sind aber bei den gehirnlosen Schmetterlingen viel langsamer und keineswegs durch schwächere Reize als unter normalen Bedingungen auslösbar, was darauf hinweist, daß das Faltergehirn kein reflexhemmendes Organ darstellt.

Die interessante Frage, ob das Faltergehirn als ein Zentrum des normalen Copulationsvermögens und Copulationsinstinkts sowie der normalen Eierablage betrachtet werden kann, muß in bejahendem Sinne beantwortet werden. Im Gegensatze nämlich zu normalen *Lymantria dispar*-Männchen, die ihre Weibchen stürmisch umschwärmen, sitzen die enthirnten Männchen tagelang träge an den Wänden ihres Behälters, sogar wenn sich dort mehrere copulationsbegierige Weibchen befinden; sie machen nur von Zeit zu Zeit einige kurze Schreit- und Flugexkursionen, die aber mit dem Vorhandensein der Weibchen in keinem Zusammenhange stehen; sogar wenn das enthirnte Männchen künstlich gereizt auf die ruhig sitzenden Weibchen auf Schritt und Tritt stoßen muß, werden keine Copulationsversuche ausgeführt. Und doch fehlen bei diesen Tieren keine von den Bewegungen, die zur normalen Copula nötig sind: sein Abdomen, Penis und die Valven bleiben nämlich ebenfalls gut beweglich.¹⁾ Andererseits zeigt es sich aber, daß beim Fehlen der Fühler oder Augen (KELLOGG, 1907; KOPEĆ, 1908 u. 1911) oder gar

1) Die Bewegungen der Gonapophysen kann auf reflektorischem Wege durch entsprechende Berührung der Gonapophysen besonders deutlich herbeigeführt werden.

beider Organe die Männchen lebhaft bleiben und auch in normaler Weise copulieren können, indem ihnen bloß das Herausfinden der Weibchen erschwert ist.¹⁾ Das Schmetterlingsgehirn muß also nicht nur als Koordinationszentrum aller derjenigen Bewegungen des Gesamtkörpers und der Gonapophysen, welche beim Männchen zur regelrechten Copula führen, betrachtet werden, sondern es stellt zugleich ein Zentrum des Copulationsinstinkts dar. Es ist dabei von Interesse, daß die normalen Männchen nicht nur mit kopf- und flügellosen Weibchen, sondern sogar mit einem vom Vorderkörper abgeschnittenen und irgendwie an der Behälterwand befestigten Weibchenabdomen copulieren (Taf. 9 Phot. 4).²⁾

Die gehirnlosen Weibchen sind copulationsfähig, ihr Benehmen ist aber nicht demjenigen gleich, welches für normale, copulationsbegierige Weibchen charakteristisch ist und neuerdings von KLATT (1913) eingehend beschrieben wurde: das Abdominalende ist nämlich bei enthirnten Weibchen nur selten vorgestreckt, es bewegt sich nur von Zeit zu Zeit und auch dann recht schwach (nur mit den Fingern gefaßt und etwas gepreßt, führt das enthirnte Weibchen mit ihrer Legeröhre starke Bewegungen aus). Diese Bewegungen steigern sich, falls das Weibchen nicht begattet wurde, nicht von Tag zu Tag, wie dies bei normalen, nicht begatteten Exemplaren der Fall ist; auch sind die Flügel der operierten Weibchen nicht in der für intakte copulationsbegierige Weibchen charakteristischen Weise vom Boden etwas emporgehoben. Daraus ist zu schließen, daß auch das Weibchengehirn ein Zentrum für den Copulationsinstinkt darstellt.

Die enthirnten, begatteten Weibchen sind nicht imstande, regelrechte Eiergelege zu verfertigen: sie können die Wolle von ihrem Abdomen nur in unregelmäßigen Flocken abreiben und verfertigen daraus nur Schwämmchen, welche in der Regel kein einziges Ei enthalten. Die Eier werden zwar oft abgelegt³⁾, werden jedoch nicht zu größeren Häufchen zusammengebracht und nicht an die

1) Vgl. hierzu negative Resultate von MAYER u. SOULE (1906) mit Schmetterlingsmännchen, deren Fühler „was covered with flour paste“.

2) Vgl. KELLOGG (1907) und KOPEĆ (1908 u. 1911) sowie die bei *Aplopus mayeri* mit identischen Resultaten von STOCKARD (1909) angestellten Versuche, im Gegensatz zu den negativen Ergebnissen von MCCracken (1907).

3) Nach YERSIN legen die Insectenimagines, denen man die Verbindungsstränge zwischen den Knoten der Ganglienkeite durchtrennt hat, überhaupt keine Eier mehr (zitiert nach KOLBE, 1893).

Unterlage geheftet, sondern sie werden ganz lose, vereinzelt oder zusammengekittet am Boden frei ohne Wolle gelassen (vgl. hierzu Phot. 5, Taf. 9). Die Zahl der abgelegten Eier ist dabei sehr klein: es wurden nämlich stets höchstens 5% der in den Ovarien sich befindenden ausgewachsenen Eier abgelegt. Man könnte nun vermuten, daß für diese anormale und geringe Eierablage vor allem der Umstand entscheidend sei, daß hier durch irgendwelche Unregelmäßigkeiten der Copulation sowohl das Sperma wie das Secret der männlichen Nebendrüsen nicht ins Receptaculum seminis gelangt und deswegen auch keinen Einfluß auf das regelrechte Zustandekommen der Eierablage ausüben kann. Um darüber Klarheit zu erlangen, müssen wir die Eierablage der begatteten gehirnlosen Weibchen und diejenigen der normalen unbegatteten Exemplare miteinander vergleichen. Ich habe nun schon an einer anderen Stelle kurz angegeben, daß die normalen *dispar*-Weibchen parthenogenetisch bzw. nach einer Verbindung mit vollständig kastrierten Männchen Eier legen können, wobei alle oder fast alle in den Eierstöcken befindlichen Eier abgelegt werden (KOPEĆ, 1908). Die Zahl der abgelegten Eier war nämlich bei meinen Versuchstieren stets sehr groß, indem sie oft über 90% betrug, was den normalen Verhältnissen bei meiner Zucht entsprach.¹⁾ Nun aber kommt es, wie bereits oben erwähnt wurde, bei den begatteten, aber gehirnlosen Weibchen niemals zur Verfertigung von kleinen, lockeren Eierhäufchen, wie solche KLATT bei normalen, nicht begatteten Weibchen beschrieben hat: unsere enthirnten Tiere verhalten sich vielmehr in dieser Hinsicht so wie das vom Vorderkörper abgeschnittene weibliche Abdomen, welches, wie ich mich mehrmals überzeugt habe, begattet werden und mehrere Eier sozusagen „verliegen“ kann (vgl. hierzu KELLOGG, 1907). Die weiteren Untersuchungen von KLATT

1) Es ist hervorzuheben, daß bei den von mir im Jahre 1908 untersuchten Fällen die Zahl der parthenogenetisch abgelegten Eier wie unter normalen Verhältnissen am ersten Tage der Eierablage die größte war, wobei die Eiergelege normal aussahen. Im Gegensatz dazu konstatierte KLATT (1913) bei ebensolchen Weibchen das Hauptgelege stets erst am letzten Tage der Eierablage. Da sich die KLATT'schen Beobachtungen auf ein größeres Material stützen und miteinander vollkommen übereinstimmen, so hat es den Anschein, daß es sich bei meinen Beobachtungen um in dieser Beziehung anormale Ausnahmefälle handelt; vielleicht kommt hier der Umstand in Betracht, daß meine Exemplare außerordentlich beweglich und im Vergleich mit den KLATT'schen Tieren besonders eierreich waren.

werden uns wahrscheinlich die Entscheidung der Frage bringen, was es eigentlich für Reize sind, welche die normale Eierablage bei den intakten begatteten Weibchen verursachen; aus allem Obigen ergibt sich aber schon jetzt, daß im Weibchengehirn sich ein Koordinationszentrum für alle diejenigen Bewegungen des Weibchenkörpers (insbesondere des Abdomens und der Gonapophysen) befindet, welche zur Verfertigung größerer oder kleinerer Eiergelege bei normalen Weibchen führen. Wird die Eierablage der unbefruchteten Weibchen von KLATT recht passend „rudimentär“ genannt, so glaube ich berechtigt zu sein, die Eierablage der befruchteten, aber gehirnlosen Weibchen als „unkoordinierte“ Eierablage zu bezeichnen.

b) Entfernung der einen Gehirnhälfte.

Falter mit einer Gehirnhälfte bewegen sich vorwiegend in größeren oder kleineren Kreisen nach der intakten Körperhälfte hin. Diese Kreisbewegungen müssen in ganz anderer Weise, als es bei den Raupen der Fall war, erklärt werden. Beim ausgeschlüpften Insect muß nämlich für die Bewegungsrichtung nicht die Lage des Gesamtkörpers, d. h. die Haltung der Leibessegmente, wie es bei den Raupen der Fall war, sondern die Beinstellung allein verantwortlich gemacht werden. Es muß nun deutlich hervorgehoben werden, daß die Beine der halbenthirnten Falter an der operierten Körperseite keineswegs größere bzw. schnellere Schritte machen, was die Anwendung der Erklärungsprinzipien der Kreisbewegungen, welche BINET (1894) und BETHE (1897a) vorgeschlagen haben, auf die Falter vollständig unmöglich macht (vgl. S. 466).¹⁾ Wir müssen hier eine ähnliche Erklärungsweise anwenden, wie sie JORDAN (1910a u. b) für die Kreisbewegungen einseitig enthirnter Krebse in vortrefflicher Weise ausgearbeitet hat. Während das Schmetterlingsgehirn

1) Es ist von TREVIRANUS (1832) an *Bombyx pudibunda* und von KELLOGG (1907) beim *B. mori* beobachtet worden, daß die Schmetterlinge nach der Entfernung eines Fühlers beim Schreiten bzw. beim Fliegen Kreise nach der intakten Körperseite hin umschreiben. Nun aber habe ich mich mehrmals überzeugt, daß sowohl nach der Abtragung eines Fühlers bzw. eines Auges wie auch nach einseitiger Entfernung dieser beiden Organe die Tiere auch gerade nach der operierten Körperseite hin fliegen und schreiten können. Andererseits bewegen sich die der beiden Fühler oder Augen beraubten Falter normalerweise nach allen Richtungen. Angesichts dessen darf bei Kreisbewegungen der halbenthirnten Schmetterlinge dem einseitigen Ausschalten des Seh-, Tast- bzw. Riechvermögens keine größere Bedeutung zugeschrieben werden.

einen starken tonischen Einfluß auf die gesamte Muskulatur ausübt, was bei halbenthirnten Tieren durch eine deutliche Krümmung des Abdomens nach der intakten Körperseite hin besonders klar zum Vorschein kommt, so kann in dem Verhalten der einzelnen Beinmuskeln, wie bereits oben angedeutet wurde, nach der Enthirnung ein Unterschied festgestellt werden. Der Tonus derjenigen Muskeln, welche die Beine nach vorn beugen, überwiegt nämlich an der enthirnten Körperseite den der in entgegengesetzter Richtung wirkenden Muskel, wobei diese Erscheinung am 1. Beinpaar verhältnismäßig am deutlichsten ins Auge fällt. Alle Beine werden deswegen an der operierten Seite mehr nach vorn gehalten, was zu einer Manegebewegung der halbenthirnten Schmetterlinge nach der intakten Seite führen muß.¹⁾

Sowohl diese Kreisbewegungen wie die analoge Umbiegung des Hinterkörpers ist aber bei den halbenthirnten Faltern keineswegs so konstant wie bei einseitig operierten Raupen, indem solche Falter auch spontan gerade bzw. nach der enthirnten Körperseite hin sich bewegen können. Jedenfalls ist aus dem Benehmen solcher Falter zu schließen, daß eine jede Gehirnhälfte ihren tonischen Einfluß vorwiegend auf die Körpermuskulatur derselben Körperseite ausübt.

B. Operation am unteren Schlundganglion.

Das untere Schlundganglion stellt ebenfalls kein Koordinationszentrum für die normale Vorwärtsbewegung bzw. für das Fliegen der Falter dar; dieses Ganglion stellt aber ein reflexhemmendes Organ dar, da die Erregbarkeit und die Reflexbewegungen nach dem Entfernen dieses Ganglions besonders stark werden.

1) Nach der Abtragung der rechten Gehirnhälfte bei *Pachytylus cinerascens* bemerkte schon BETHE (1897a), daß die sich in Kreisen nach der linken Seite hin bewegenden Tiere mittels der rechten Beine mehr nach links-vorn greifen, wonach die Füße der linken intakten Körperhälfte sich reflektorisch ebenfalls nach links-vorn richten. Diesem Benehmen schreibt aber BETHE keine entscheidende Rolle zu, da er, wie bereits oben erwähnt, die Manegebewegungen seiner Insecten auf Ungehemmtheit der enthirnten Körperhälfte zurückführen mußte.

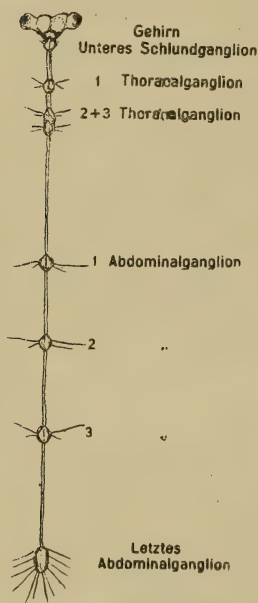
Die Erscheinung, daß die halbenthirnten Schmetterlinge vorwiegend, wenngleich ebenfalls nicht ausschließlich, in Kreisen nach der intakten Körperseite hin fliegen, läßt sich vielleicht durch die oben hervorgehobene Krümmung des Abdomens nach derselben Seite erklären, da der Hinterleib vielleicht als Steuer fungiert.

Der abgeschnittene Kopf des Falters zeigt längere Zeit hindurch Antennen- bzw. auch Rüsselbewegungen (vgl. analoge Angaben über *Cordulia aenea* bei KOLBE, 1893). Wird der eine Fühler eines abgeschnittenen Kopfes von *Vanessa io* mittels einer Pinzette an der Spitze gefaßt, dann bewegt sich sogleich der ungefaßte Fühler, indem er sich dem gereizten Fühler bis zur Berührung nähert. Diese Bewegungen können noch 2—3 Minuten nach dem Abtrennen des Kopfes beobachtet werden.

C. Operationen an der Bauchganglienkette.

- a) Entfernung irgendeines Ganglions der Bauchganglien-
kette bzw. Durchschneidung oder Entfernung
der beiden Längscommissuren zwischen diesen
Knoten.

Bei Schwammspinner-Imagines sind im Thorax nur 2 Ganglien vorzufinden: das 1., das im Prothorax liegt, und das 2. im Mesothorax, welches durch Verschmelzung des 2. und 3. puppalen Thoracalknotens entstanden ist (vgl. Schema Textfig. 7). Das erste dieser Ganglien innerviert das 1. Beinpaar, das 2. dagegen versorgt die beiden anderen Beinpaare und zugleich die beiden Flügelpaare. Wird nun bei den Raupen von den 3 larvalen Thoracalknoten einer entfernt, so bleibt bei den aus solchen Raupen stammenden Faltern das entsprechende Beinpaar unbeweglich. Das Bewegungszentrum für jedes Beinpaar liegt also in dem entsprechenden Ganglion, bzw. in dem zugehörigen Teil des 2. imaginalen Thoracalknotens.



Textfig. 7.

Beim Vorwärtsschreiten solcher Falter werden die intakten Beine stets nur gesondert nacheinander bewegt, wobei die Reihenfolge dieser Beinbewegungen verschieden sein kann. Durch nachträgliche, sorgfältige Sektion habe ich festgestellt, daß es nach

dem Entfernen des 2. Thoracalknotens der Raupe zu keiner Verschmelzung des übriggebliebenen 1. und 3. Brustknotens des Schmetter-

lings während des Puppenlebens gekommen ist. Es ist also ersichtlich, daß in allen Fällen des Nichtvorhandenseins irgendeines der imaginalen Thoracalganglien die Beinbewegungen miteinander auf nervösen Wegen nicht koordiniert werden, obwohl sie zum Vorwärtsschreiten führen können: ihre Reihenfolge beruht vielmehr vor allem auf dem steten Zusammenspiel der Bewegungsfähigkeit der einzelnen des Bewegungszentrums nicht beraubten Beine und der Anstrengung des Tieres, das statische Gleichgewicht des sich bewegenden Körpers zu erhalten. Daß dasselbe Prinzip auch bei den intakten Faltern eine entscheidende Rolle spielt, scheint sich aus den Versuchen von CARLET (1888a) zu ergeben. Dieser Verfasser hat nämlich den Insecten eines der Beinpaare abgeschnitten und dann ein Vorwärtsschreiten beobachtet, wobei sich die Beine jetzt gesondert nacheinander bewegten, was unsern Beobachtungen vollständig entspricht.¹⁾ YERSIN (1862) sieht, daß nach dem Durchschneiden der beiden Längscommissuren zwischen den Thoracalganglien von *Dytiscus* die Vorwärtsbewegung keinerlei Störung erleidet.

Alle Schmetterlinge, welchen irgendeiner der 2. oder 3. Thoracalknoten im Larvalstadium entfernt wurde, können ihre beiden Flügelpaare bewegen, sind aber außerstande sich in die Luft zu erheben, da ihre Flügel dann auch stets nicht vollständig entfaltet sind (s. unten). Wird das 2. Thoracalganglion der Raupe extirpiert und dann am ausgeschlüpften Falter das 2. Flügelpaar vollständig abgeschnitten, so ändert diese Flügelabtragung an den Bewegungen des 1. sozusagen ganglienlosen Flügelpaares gar nichts. Dieses seltsame Benehmen kann aber nicht dadurch erklärt werden, daß die Flügelmuskeln des operierten Segments reizbar und kontrahierbar bleiben, da die Muskulatur der ganglienlosen Segmente nicht zur Entwicklung gelangt, wie ich mich auf mikroskopischem Wege überzeugen konnte (vgl. KOPÉČ, 1917a u. b); es herrschen hier augenscheinlich dieselben Verhältnisse, wie sie oben S. 480 bei den operierten Puppen auseinandergesetzt wurden.

Des Zentrum, welches alle Muskelbewegungen reguliert, die zum definitiven Entfalten der Falterflügel führen, befindet sich in dem 2. imaginalen Thoracalganglion, da sowohl nach dem Entfernen

1) Für diese Annahme spricht auch der Umstand, daß, wenn man die Beine der intakten Falter künstlich in anormale Lage bringt und so die Gleichgewichtsverhältnisse ihres Körpers stört, beim Beginn des Vorwärtskriechens eine analoge anormale Reihenfolge der Beinbewegungen festgestellt werden kann.

der Kopfganglien wie auch des 1. Thoracalknotens der Raupe die ausgeschlüpften Schmetterlinge ihre Flügel ganz normal entfalten.

Die Entfernung irgendeines larvalen Abdominalganglions führt keine Störungen der normalen Vorwärtsbewegung der Falter herbei: sogar das Abschneiden des ganzen Falterabdomens hat keinen wesentlichen Einfluß auf die Bewegungsfähigkeit und die Bewegungsrichtung des Vorderkörpers ¹⁾ und führt ebenfalls keine anormale Beinhaltung herbei. An den des Abdomens beraubten Schmetterlingen wäre nur der Umstand hervorzuheben, daß solche Tiere verhältnismäßig sehr oft kopfüber auf den Rücken fallen; dies geschieht noch öfters dann, wenn außer dem Hinterleibe auch die beiden Flügelpaare abgeschnitten werden. Die Flügel und das Abdomen scheinen also eine sehr große Bedeutung für die normale Erhaltung des Gleichgewichts des Gesamtkörpers zu besitzen. An *Plusia gamma*-Exemplaren habe ich sogar festgestellt, daß die 2 hinteren Thoracalsegmente allein vorwärtsschreiten können. Diesen Tieren wurden nämlich Kopf, Prothorax samt dem 1. Beinpaare wie auch der ganze Hinterleib und die beiden Flügelpaare entfernt, und trotzdem schritten solche seltsame Geschöpfe weiter, indem ihnen nur ab und zu mit irgendeinem Instrument die Erhaltung des Gleichgewichts erleichtert zu werden brauchte (über die Vorwärtsbewegungen der aus 3 Segmenten zusammengesetzten Myriopoden-Fragmente s. CHILD ²⁾ [1892] und CARLSON [1904]).

b) Durchschneidung bzw. Entfernung einer Längscommissur zwischen den Ganglien der Bauchganglienkette.

Obwohl das Abdomen solcher Falter nach allen Richtungen auch spontan umgebogen werden kann, wird es im Ruhezustande ausschließlich nach der intakten Körperseite hin umgebogen gehalten (vgl. Phot. 6, Taf. 9, welche ein Weibchen im Ruhezustande darstellt, deren linke Commissur zwischen dem 3. Thoracalganglion und dem 1. Abdominalknoten entfernt wurde). Dieses Benehmen läßt darauf schließen, daß sich die Nervenbahnen, mittels deren das Imago Gehirn einen tonischen Einfluß auf die Körpermuskulatur aus-

1) Vgl. hierzu die eigenartigen Verhältnisse bei *Myrmeleon*-Larven und bei *Calotermes* (COMES, 1910 u. 1912).

2) Zitiert nach BAGLIONI (1910).

übt, in den Knoten der Bauchganglienkeite entweder gar nicht kreuzen oder daß solche Kreuzung sehr unbedeutend ist.

Die Falter dieser Versuchsreihe copulieren vollständig normal, indem die entsprechenden Weibchen normale Eiergelege liefern. Nur sind die Abdomen- und Gonapophysenbewegungen nach der operierten Seite hin schwächer. Die Bahnen, welche die entsprechenden Reize zu koordinierten Copulations- und Eierablagebewegungen vom Gehirn nach dem Hinterleib leiten, unterliegen also in den Knoten der Bauchganglienkeite einer partiellen Kreuzung.

5. Zusammenfassung.

Die wichtigsten Resultate obiger Untersuchungen lassen sich folgendermaßen kurz zusammenfassen:

A. Beobachtungen an Raupen.

1. Das Raupengehirn übt einen positiven Einfluß auf den Tonus und das Kontraktionsvermögen der gesamten Körpermuskulatur aus, wobei der Einfluß jeder Gehirnhälfte sich vorwiegend an der betreffenden Körperseite äußert.

Die nervösen Bahnen, mittels deren dieser Einfluß auf die Muskulatur ausgeübt wird, weisen sowohl im Gehirn selbst als auch im Unterschlundganglion und in den Knoten der Bauchganglienkeite eine partielle Kreuzung auf.

2. Jeder Nervenknotten der eigentlichen Bauchganglienkeite beeinflusst ebenfalls den Tonus und das Kontraktionsvermögen der zugehörigen Segmentmuskulatur (*Lucanus cervus*-Larven, SASSE [1912]).

Ein analoger, aber schwächerer Einfluß erstreckt sich auf die Muskulatur des folgenden Körpersegments. Je näher dem Hinterende ein Ganglion der Bauchganglienkeite exstirpiert wird, desto bedeutender ist die Verminderung des Tonus und des Kontraktionsvermögens der entsprechenden Körperringmuskulatur. Diese Tonusfunktion ermöglicht den Bauchganglien einen großen Einfluß auf die Haltung des Körpers und auf die Bewegungsrichtung.

3. Nach einseitiger Entfernung der Fühler und der Ocellen treten keine Manegebewegungen auf. Dieselben erscheinen erst nach einseitiger Enthirnung. Die halbenthirnten Raupen bewegen sich ausschließlich in Kreisen nach der intakten Körperseite. Auch in der Ruhe biegen sie ihren Körper bogenartig in derselben Richtung um. Ein gerader Gang, bzw. ein Kriechen nach

der operierten Seite kann nur durch künstliche Reize an der gesunden Seite des vorderen und hinteren Körperendes ausgelöst werden.

Die Kreisbewegungen sind durch die Verminderung des Tonus und des Kontraktionsvermögens der Muskulatur der enthirnten Leibeshälfte zu erklären (LOEB, 1899).

4. Das Gehirn enthält ein Zentrum für die Koordination aller derjenigen Bewegungen der Mundteile und des vorderen Körperendes, durch welche die normale Nahrungsaufnahme bedingt wird.

5. Das Zentrum für das koordinierte Vorwärtsschreiten der Raupe liegt im unteren Schlundganglion. Es existieren mehrere nervöse Bahnen, die von diesem Bewegungszentrum die Impulse gesondert nach den einzelnen abdominalen und thoracalen Leibesringen leiten. Diese Bahnen zeigen in jedem Bauchganglion (vielleicht auch in dem Bewegungszentrum selbst) eine partielle Kreuzung.

Die Koordination der Vorwärtsbewegungen der Raupe beruht ausschließlich auf einer Koordination der einzelnen Impulse und nicht der einzelnen Segmentbewegungen, indem es für das Vorwärtskriechen des Tieres belanglos ist, ob irgendein Segment nach der entsprechenden Erregung die ihm sonst zufallende Bewegung ausführt oder nicht.

6. Das untere Schlundganglion bildet ein reflexhemmendes Organ im Gegensatz zu Larven von *Lucanus cervus*, wo diese Funktion dem Gehirn (SASSE, 1912) zufällt.

7. Das Bewegungszentrum eines jeden Beinpaares liegt in dem zugehörigen Nervenknotten.

Einige Tage nach der Entfernung eines Nervenknottens der Bauchganglienkeette lassen sich an den zugehörigen Beinen vorübergehend ziemlich komplizierte reflexive Umgreifungsbewegungen (eigenartige Bewegung des ganzen Beines nach streng lokalen Reizen) beobachten (komplizierte Bewegungen nach der Entfernung des zentralen Gebietes?, vgl. BETHE [1897b u. 1898]).

8. Zum Zustandekommen des Umdrehungs-, Anheftungs- und Abwehrreflexes wie auch der reflexiven abwendenden Bewegungen sind mehrere Nervenknotten des Bauchstranges nötig, obwohl für diese auf Bewegungen des ganzen oder des größten Teils des Raupenkörpers beruhenden Reflexen keine Ganglien speziell verantwortlich gemacht werden können. Die nervösen Bahnen übermitteln beim Vorkommen dieser Reflexe die entsprechenden Impulse von Ganglion zu Ganglion, ohne Rücksicht darauf, welches Segment zuerst gereizt wurde, wobei sie sich in jedem Bauchganglion partiell kreuzen.

Alle diese Reflexe sind nicht myogener Natur, indem sie keine Reflexreihe einzelner Segmente darstellen; die entsprechenden Bewegungswellen können nämlich vollständig gelähmte, unbeweglich gemachte Körperringe überspringen (Bewegungen des Regenwurmes, BIEDERMANN, 1904; locomotorische Peristaltik der Larven von *Lucanus cervus*, SASSE [1912]).

Die reflexiven umhertastenden Bewegungen, zu deren Zustandekommen mehrere vordere Bauchganglien nötig sind, besitzen ihr Zentrum im unteren Schlundganglion. Die reflexiven umgreifenden Bewegungen einzelner oder mehrerer Beine sind ausschließlich von den zugehörigen Ganglien abhängig.

Das analoge Zentrum für den Totstellreflex liegt in den Thoracalganglien (Tausendfüßler, CLEMENTI [1912] und LÖHNER [1914], zum Teil auch Spinnen, ROBERTSON [1904]).

9. Das Kotausstoßen und die Bildung normaler Kotballen hängt ausschließlich vom letzten Abdominalsegment ab.

B. Beobachtungen an Puppen.

10. Die Tiere aller Versuchsreihen können unter Umständen gesunde Falter liefern.

11. Die normalen Puppenbewegungen, die als ganz einfache Reflexe beurteilt werden können, sind von keinem speziellen Nervenknoten abhängig. Für die Erscheinung, daß die Bewegungswelle sogar mehrere ganglienlose Puppenringe überspringen kann, muß die Steifheit des Puppenchitins verantwortlich gemacht werden; das steife Chitin des operierten Leibessegments kann nämlich durch die sich bewegenden normalen Körperringe passiv in Bewegung gebracht werden.

C. Beobachtungen an Faltern.

12. Kein Teil des larvalen Nervensystems ist regenerationsfähig.

13. Für das normale Vorwärtsschreiten und Fliegen der Schmetterlinge existiert kein spezielles Koordinationszentrum (*Pachytylus cinerascens*, *Apis mellifica* und *Hydrophilus piceus*, BETHE [1897a])¹⁾. Jeder Thoracalknoten enthält das Bewegungszentrum des zugehörigen

1) Die positiven Resultate von FAIVRE und BINET, welche diese Autoren bei verschiedenen geköpften Käfern in bezug auf das untere Schlundganglion als Koordinationszentrum des Vorwärtskriechens erhalten haben, finden in den exakten Experimenten von BETHE an einer anderen Käferform keine Bestätigung. Die von v. UEXKÜLL (1908) geköpften Libellen können nicht mehr vorwärts schreiten, doch soll dieses Benehmen nur durch den Ausfall des Klammerreflexes der Beine bei den operierten Tieren erklärt werden.

Beinpaares (YERSIN, BETHE [1897a] und STEINER [1898] an anderen Insecten-Imagines; vgl. hierzu auch POMPILIAN [1899]).

14. Das Falterhirn beeinflusst fördernd den Tonus und das Kontraktionsvermögen der gesamten Körpermuskulatur, wobei jede Gehirnhälfte vorwiegend an derselben Körperseite wirkt (*Pachytylus*, *Apis*, *Hydrophilus*, BETHE [1897a]; Acridiiden, EWING [1904]).

Die entsprechenden Bahnen kreuzen sich in den Ganglien nicht.

Der Tonus der Vorwärtsbeuger der Füße überwiegt nach der Enthirnung jener der Rückwärtsbeuger (entgegengesetzte Verhältnisse bei *Aeschna*-Larven, MATULA [1911]).

15. Nach der Exstirpation der einen Gehirnhälfte pflegen die Tiere in Kreisen nach der intakten Körperseite hin vorwärts zu schreiten, obwohl sie sich spontan auch gerade bzw. nach der operierten Seite hin bewegen können (*Pachytylus*, *Apis* und *Hydrophilus*, BETHE [1897a]).

Diese Kreisbewegungen lassen sich im Gegensatz zu denen bei analog operierten Raupen durch anormale (und zwar mehr nach vorn-innen gerichtete) Haltung der Beine erklären (JORDAN [1910a u. b]).

16. Das untere Schlundganglion der Schmetterlinge kann als ein reflexhemmendes Organ aufgefaßt werden (im Gegensatz zu den Resultaten von BETHE [1897a] und von EWING [1904] an anderen Insecten-Imagines, bei welchen diese Funktion vom Gehirn besorgt wird).

17. Die Fähigkeit der Falter, nach dem Ausschlüpfen ihre Flügelstummel normal zu entfalten, ist nur vom 2. Thoracalknoten abhängig.

18. Das Zentrum für das normale Copulationsvermögen und den Copulationsinstinkt sowie für die „koordinierte“ Eiablage liegt im Gehirn der Imagines (nach dem Enthirnen der Falter findet ausschließlich eine „unkoordinierte“ Eiablage statt). Die zugehörigen nervösen Bahnen, welche die entsprechenden Impulse vom Gehirn zum übrigen Körper leiten, unterliegen in jedem Bauchknoten einer partiellen Kreuzung.

Wie man aus dieser kurzen Zusammenstellung ersieht, weichen unsere Falter und Raupen in bezug auf die Funktionen ihres Nervensystems von anderen Insecten und Insectenlarven in mehrfacher Hinsicht ab, wobei es mir aber wegen des ungenügenden Materials noch vollständig unmöglich scheint, diese Gegensätze irgendwie in Einklang zu bringen oder irgendwie zu erklären.

Ich möchte hier nur auf die verhältnismäßig höhere funktionelle Differenzierung des larvalen Nervensystems im Vergleich zum definitiven Nervensystem aufmerksam machen: diese Tatsache äußert sich nämlich am deutlichsten in dem Vorhandensein eines speziellen Koordinationszentrums für normale Vorwärtsbewegung bei der Raupe, während sowohl Schmetterlinge als andere Insecten und auch Crustaceen eines solchen Zentrums vollständig entbehren. In dieser Hinsicht möchten also die Imaginalstadien der Insecten den angeblichen wurmartigen Arthropoden-Vorfahren viel näher stehen als die oft „wurmartigen“ Raupen, da auch bei keinem Wurm bzw. Tausendfüßler ein solches besonderes Bewegungszentrum zu finden ist.¹⁾ In dieser Hinsicht bilden nun meine Resultate eine ganz neue, physiologische Stütze für die mit besonderem Nachdruck von DEGENER vertretene Ansicht, daß die Insectenlarven sich oft auf phylogenetischen Wegen entwickelt haben, die vom Typus der Imago völlig unabhängig sind, folglich auch des öfteren eine weit höhere Organisationsstufe als die Imagines erreichen konnten.²⁾

Es wäre noch eine in biologischer Hinsicht wichtige Folgerung hervorzuheben. Es ist nämlich die Ansicht weit verbreitet, daß Raubwespen und verwandte Insecten verschiedene als Beute gefangene Insectenlarven (u. a. namentlich auch Schmetterlingsraupen) auf die Weise unbeweglich machen, daß sie denselben den Bauchstrang an irgendwelcher Stelle durchbeißen. Nun aber ist es aus meinen obigen Versuchen ersichtlich, daß dieses Verfahren (wenigstens bei den Raupen) nicht zu dem gewünschten Resultate führen könnte: sowohl die enthirnten wie die irgendwelcher anderen Nervenknotten beraubten Raupen führen nämlich auch weiterhin Bewegungen aus, die oft sogar auffallend stark sind, was sich mit dem Lähmungszustande der erbeuteten Raupen nicht in Einklang bringen läßt. Diese Lähmung der Wespenbeute muß also vielmehr auf eine bereits von mehreren Autoren vermutete Weise erklärt werden, und zwar durch die Annahme, daß das Raubtier in die Wunde der erbeuteten Larve irgendein vielleicht von der Speicheldrüse herrührendes Gift einführt, welches die Lähmungserscheinungen verursacht.

1) Vgl. Literaturangaben hierzu vor allem bei BAGLIONI (1910) und VAN RYNBERK (1912).

2) Vgl. hierzu besonders LAMEERE (1899), PÉREZ (1902) und DEGENER (1910 u. 1912).

Literaturverzeichnis.

(Von den speziellen Arbeiten führe ich hier nur diejenigen an, welche mit meinen Beobachtungen in unmittelbarem Zusammenhang stehen. Umfangreiche ausführliche Literaturangaben sind besonders bei BAGLIONI, BETHE, DEGENER [1912], MARCHAL, VAN RYNBERK und STEINER [1898] zu finden.)

- BAGLIONI, S. (1910), Physiologie des Nervensystems, in: WINTERSTEIN's Handb. vergl. Physiol., Vol. 4, Jena.
- BETHE, A. (1897a), Vergleichende Untersuchungen über die Funktionen des Centralnervensystems der Arthropoden, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 68.
- (1897b), Das Nervensystem von *Carcinus maenas*. Ein anatomisch-physiologischer Versuch. I. Teil, 1. u. 2. Mitt., in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 50.
- (1898), Dasselbe, II. Teil, 3. Mitt., *ibid.*, Vol. 51.
- BIEDERMANN, W. (1904), Studien zur vergleichenden Physiologie der peristaltischen Bewegungen. I. Die peristaltischen Bewegungen der Würmer und der Tonus glatter Muskeln, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 102.
- BINET, A. (1894), Contribution à l'étude du système nerveux sous-intestinal des Insectes. Thèses présentées à la fac. des Sc. de Paris, Paris.
- DU BOIS-REYMOND, R. (1911), Physiologie der Bewegung, in: WINTERSTEIN's Handb. vergl. Physiol., Vol. 3, Jena.
- BURMEISTER (1832), Handbuch der Entomologie, Vol. 1.
- CARLET, G. (1888a), De la marche d'un insecte rendu tétrapode par la suppression d'une paire des pattes, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 107.
- (1888b), Sur le mode de locomotion des Chenilles, *ibid.*, Vol. 107.

- CARLSON, A. J. (1904), Contributions to the physiology of the ventral nerve cord of Myriapoda (Centipedes et Millipedes), in: Journ. exper. Zool., Vol. 1.
- CHILD, C. M. (1892), The functions of the nervous system of the Myriapoda, in: Amer. Naturalist.
- CLEMENTI, A. (1912), Sui meccanismi nervosi, che regolano la coordinazione dei movimenti locomotorii nei Diplopodi, in: Zool. Jahrb., Physiol., Vol. 31.
- COMES, S. (1910), Sui movimenti di maneggio e sul loro significato nella teoria segmentale, in: Biol. Ctrbl., Vol. 30.
- (1912), Effetti della decapitazione in *Calotermes flavicollis* e in altri Artropodi, *ibid.*, Vol. 32.
- DEGENER, P. (1909), Die Metamorphose der Insekten, Leipzig u. Berlin.
- (1910), Wesen und Bedeutung der Metamorphose bei den Insekten, Leipzig.
- (1912), Nervensystem, in: Handb. d. Entomol., hrsg. v. CHR. SCHRÖDER, Jena.
- DIETL, J. M. (1875), Insektennervensystem, in: Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck, Jg. 5.
- EWING, H. Z. (1904), The functions of the nervous system with special regard to respiration in *Acrididae*, in: Kansas Univ. Sc. Bull. 2 (Referat in: Zool. Jahresber. Neapel, 1905).
- FAIVRE, E. (1863), Recherches expérimentales sur la distinction de la sensibilité et de l'excitabilité dans les différentes parties du système nerveux d'un insecte, le *Dytiscus marginalis*, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 56.
- (1875), Études expérimentales sur les mouvements rotatoires de manège chez un insecte (le *Dytiscus marginalis*) et le rôle dans leur production des centres nerveux encéphaliques, *ibid.*, Vol. 80.
- FRIEDLÄNDER, B. (1894), Beiträge zur Physiologie des Zentralnervensystems und des Bewegungsmechanismus der Regenwürmer, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 58.
- JORDAN, H. (1910a), Die Leistungen des Gehirnganglions bei den krebsartigen Tieren, *ibid.*, Vol. 131.
- (1910b), Die Leistungen des Gehirnes bei den krebsartigen Tieren, besonders bei *Cancer pagurus*, in: Biol. Ctrbl., Vol. 30.
- (1911), Die Wirkungsweise der Mundwerkzeuge bei den Seidenraupen, *ibid.*, Vol. 31.
- KELLOGG, V. L. (1907), Some Silkworm moth reflexes, in: Biol. Bull., Vol. 12.
- KLATT, B. (1913), Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Kopulation und Eiablage beim Schwammspinner, in: Biol. Ctrbl., Vol. 33.

- KOLBE, H. J. (1893), Einführung in die Kenntnis der Insekten, Berlin.
- KOPEĆ, ST. (1908), Experimentaluntersuchungen über die Entwicklung der Geschlechtscharaktere bei Schmetterlingen, in: Bull. Acad. Sc. Cracovie.
- (1911), Untersuchungen über Kastration und Transplantation bei Schmetterlingen, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 33.
- (1912), Über die Funktionen des Nervensystems der Schmetterlinge während der successiven Stadien ihrer Metamorphose, in: Zool. Anz., Vol. 40.
- (1917a), Experiments on metamorphosis of Insects, in: Bull. Acad. Sc. Cracovie.
- (1917b), Badania doświadczalne nad przeobrażeniem owadów, in: Rozprawy Akad. Umiej. Kraków, Vol. 57.
- LAMEERE, A. (1899), La raison d'être des métamorphoses chez les Insectes, in: Ann. Soc. entomol. Belg., Vol. 43.
- LOEB, J. (1899), Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie mit besonderer Berücksichtigung der wirbellosen Tiere, Leipzig. Polnische Übersetzung, Warschau 1906.
- LÖHNER, L. (1914), Untersuchungen über den sogenannten Totstellreflex der Arthropoden. 1. Mitteilung, in: Ztschr. allg. Physiol., Vol. 16.
- MARCHAL (1913), Insectes, in: Diction. de Physiol. par CH. RICHET, Paris.
- MATULA, J. (1911), Untersuchungen über die Funktionen des Zentralnervensystems bei Insekten, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 138.
- MAYER, A. G. and C. G. SOULE (1906), Some reactions of Caterpillars and Moths, in: Journ. exper. Zool., Vol. 3.
- MCCRACKEN, J. (1907), Egg-laying apparatus in the Silkworm (*Bombyx mori*) as a reflex apparatus, in: Journ. comp. Neurol., Vol. 17 (Referat in: Zool. Jahresber. Neapel, für 1907).
- PÉREZ, CH. (1902), Contributions à l'étude des métamorphoses, in: Bull. sc. France Belgique, Vol. 37.
- POLIMANTI, O. (1906), Contributi alla fisiologia della larva del Baco da seta (*Bombyx mori*) Scansano.
- (1907), Contributions à la physiologie de la larve du ver à soie („*Bombyx mori*“), in: Arch. ital. Biol., Vol. 47.
- POMPILIAN, M. (1899), Automatismes, période réfractaire et inhibition des centres nerveux des Insectes, in: CR. Soc. Biol., Vol. 51.
- PROWAZEK, S. (1900), Zur Nervenphysiologie der Insekten, in: Zool. Garten, Vol. 41.
- RENGGER, J. R. (1817), Physiologische Untersuchungen über die tierische Haushaltung der Insekten, Tübingen.
- ROBERTSON, BR. T. (1904), On the „sham-death“ reflex in Spiders, in: Journ. Physiol., Vol. 31 (Referat in: Zool. Jahresber. Neapel, 1904).

- VAN RYNBERK, G. (1912), Bausteine zu einer Segmentalphysiologie, in: *Ergebn. Physiol.*, Vol. 12.
- SASSE, S. (1912), Zur Physiologie des Nervensystems der Insekten (nach Versuchen an den Larven des Hirschkäfers [*Lucanus cervus*]), in: *Ztschr. allg. Physiol.*, Vol. 13.
- SCHULTZ, O. (1897), Über die Fortbewegung und Ruhestellung der Schmetterlings-Larven, in: *Illustr. Wochenschr. Entomol.*, Vol. 2.
- STÄGER, R. (1812), Psychologische Beobachtungen an der Raupe des Pflaumenwicklers (*Carpocapsa funebrana* Tr.), in: *Ztschr. wiss. Insektenbiol.*, Vol. 8.
- STEINER, J. (1890), Die Functionen des Centralnervensystems der wirbellosen Tiere, in: *SB. Akad. Wiss. Berlin*, Vol. 2.
- (1898), Die Functionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese, 3. Abt., Die wirbellosen Tiere, Braunschweig.
- STOCKARD, CH. R. (1909), Habits, reactions and mating instincts of the „Walking Stick“ *Aplopus Mayeri*, in: *Carnegie Institution Washington. Publication 103* (Separatum ohne Jahreszahl).
- TREVIRANUS, G. R. (1832), Das organische Leben, neu dargestellt, Bremen.
- v. UEXKÜLL, J. (1908), Studien über den Tonus. V. Die Libellen, in: *Ztschr. Biol.*, Vol. 32 (N. F.).
- YERSIN, A. (1862), Mémoire sur la physiologie du système nerveux dans le Grillon champêtre, in: *CR. Acad. Sc. Paris*, Vol. 54.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 9.

Sämtliche Bilder beziehen sich auf *Lymantria dispar* L.

Phot. 1. Ruhezustand einer ausgewachsenen Raupe, welcher 3 Tage vorher die linke Gehirnhälfte entfernt war. Der Körper nach der intakten Körperseite umgebogen; der Nachschieber (Afterfuß) ist an der intakten Seite deutlich stärker kontrahiert als an der operierten.

Phot. 2. Eine Raupe, der 4 Tage vorher das 2. und 3. Thoracalganglion entfernt war. Charakteristische Seitenlage der Larve. Der Vorderkörper „geschwollen“, gerade ausgestreckt; der schlaffe Hinterkörper unter fast geradem Winkel bauchwärts gebogen.

Phot. 3. Vorderkörper einer Raupe 2 Tage nach der Exstirpation des 3. Thoracalganglions. Die „ganglienlosen“ Füße weit auseinander-gespreizt (schwache Vergrößerung).

Phot. 4. Normale Copulation zwischen einem normalen Männchen und einem vom Vorderkörper abgetrennten weiblichen Hinterleib.

Phot. 5. Weibchen, welchem im letzten Raupenstadium das Unterschlundganglion entfernt war. Reflexive Eiablage deutlich sichtbar.

Phot. 6. Weiblicher Falter, welchem im letzten Raupenstadium die linke Commissur zwischen dem 3. Thoracal- und 1. Abdominalganglion entfernt war. Ruhezustand. Das hintere Körperende deutlich nach der intakten Körperseite umgebogen.

Tafel 10.

Schreitspuren der Raupen am beruhten Papier. Sämtliche Raupen bewegten sich in gleichsinniger Richtung aufwärts.

Fig. 7—12. *Mamestra brassicae* L.

Fig. 7. Bewegung einer normalen Raupe nach dem ersten Typus des Vorwärtsschreitens; die paarweise geordneten Flecken entsprechen mehreren

dieselbe Stelle des berußten Papiers nacheinander berührenden Bauchfüßen der Raupe; das Gesamtbild kommt auf eine der im Schema Textfig. 3 A—C angedeuteten Weise zustande.

Fig. 8. Schreitspur einer normalen Raupe, die sich nach dem zweiten Schreittypus bewegt (vgl. Schema Textfig. 3 D). Die Kriechspuren der hinteren Bauchfüße treffen die der vorderen Schreitbeine nur ganz ungenau oder gar nicht, so daß keine deutlich voneinander abgesetzten Fleckenpaare mehr zu sehen sind.

Fig. 9. Schreitspur einer vollständig enthirnten Raupe, die sich nach dem ersten Schreittypus vorwärts bewegt (vgl. Fig. 7).

Fig. 10. Schreitspur einer ebensolchen Raupe, die nach dem zweiten Gangtypus kriecht (vgl. Fig. 8).

Fig. 11. Schreitspur einer Raupe nach Durchtrennung aller seitlichen Nerven des 4. Abdominalganglions an der rechten Seite. Die rechtsseitig abgebildeten Striche stellen die Spuren des unbeweglich gewordenen nachgeschleppten rechten 2. Abdominalfußes dar.

Fig. 12. Schreitspur einer Raupe, die in analoger Weise am 6. Abdominalringe operiert war. Die ununterbrochene weiße Linie stammt von dem nachgeschleppten rechten 4. Abdominalbeine her.

Fig. 13—15. *Acronycta rumicis* L. Normale Raupen.

Fig. 13. Erster Typus des Vorwärtsschreitens.

Fig. 14. Zweiter Typus des Vorwärtsschreitens.

Fig. 15. Intermediärer Typus des Vorwärtsschreitens (vgl. S. 461).

Fig. 16—17. *Acronycta psi* L. Normale Raupen.

Fig. 16. Erster Typus der Vorwärtsbewegung.

Fig. 17. Zweiter Typus der Vorwärtsbewegung.

Fig. 18. *Saturnia pavonia* L. Schreitspur einer normalen Raupe, die sich nach dem ersten Typus des Vorwärtsschreitens bewegte. Die letzten Nachschieber werden in diesem Falle beim Senken etwas nachgeschleppt, wodurch es zu deutlichen Strichen zwischen den Spuren einiger Fußstapfen gekommen ist.

Fig. 19—21. *Orgyia antiqua* L. Normale Larven.

Fig. 19. Erster Typus des Kriechens.

Fig. 20. Zweiter Typus des Kriechens.

Fig. 21. Intermediärer Typus des Kriechens (vgl. S. 459, Textfig. 3 E).

Fig. 22—24. *Macrothylacia rubi* L. Normale Tiere.

Fig. 22. Erster Typus, analoges Bild wie bei Fig. 18.

Fig. 23. Zweiter Typus.

Fig. 24. Intermediärer Typus des Vorwärtsschreitens (vgl. Schema Textfig. 3 E).

Fig. 25—26. *Smerinthus ocellata* L. Normale Raupen.

Fig. 25. Erster Typus der Bewegung.

Fig. 26. Zweiter Typus der Bewegung.

Fig. 27. Schreitspur einer Wicklerraupe (zweiter Typus).

Tafel 11.

Schreitspuren der Raupen am beruhten Papier. Alle Raupen bewegten sich in gleichsinniger Richtung aufwärts.

Fig. 28—40. *Lymantria dispar* L.

Fig. 28. Schreitspur einer normalen Raupe, die nach dem ersten Typus der Vorwärtsbewegung kriecht; analoges Bild wie bei Fig. 18.

Fig. 29. Schreitspur vom zweiten Typus (normales Tier).

Fig. 30. Ähnliche Schreitspur vom zweiten Typus der Bewegung einer normalen Raupe.

Fig. 31. Spurbahn einer enthirnten Larve. Das Bild entspricht vollständig dem ersten Typus der Bewegung einer normalen Raupe (Fig. 28), nur sind die Schritte viel kleiner.

Fig. 32. Spurbahn einer enthirnten Raupe, die sich nach dem zweiten Schreittypus bewegte. Die Spuren eines jeden Beinpaares viel breiter als unter normalen Bedingungen (vgl. Fig. 29), da die Abdominalbeine wegen der Tonusabsenkung weit stärker nach außen gespreizt gehalten werden.

Fig. 33. Schreitspur einer Larve, der die beiden Längscommissuren zwischen dem 6. u. 7. Abdominalganglion entfernt waren. Die beiderseitig durchlaufenden ununterbrochenen Linien stammen von Beinen, die dem unbeweglich nachgeschleppten hinter der Operationsstelle liegenden Körperteile angehören.

Fig. 34. Analoges Bild, welches von einer Raupe stammt, der das 6. Abdominalganglion entfernt war.

Fig. 35. Analoges Bild von einer kriechenden Raupe, welcher beide Längscommissuren zwischen dem 4. und 5. Abdominalganglion durchtrennt waren. Die entsprechenden Seitenlinien viel stärker als in den Fällen der Figg. 33 u. 34, wo der nachgeschleppte, unbewegliche Körperteil kleiner war.

Fig. 36. Schreitspur einer Larve, welcher alle seitlichen Nerven des 6. Abdominalganglions durchtrennt waren. Die beiderseits zum Vorschein kommenden Striche entsprechen den immobil nachgeschleppten Beinen des 6. Hinterleibsringes.

Fig. 37. Schreitbahn einer Raupe, der die linke Längscommissur zwischen dem 5. u. 6. abdominalen Nervenknotten durchtrennt war. Das Tier bewegte sich nach dem zweiten Schreittypus (vgl. S. 461). Das Hinterende wurde nach der rechten Seite umgebogen, wodurch die Schreitspuren

der Beine einer jeden Körperhälfte nicht in 2 koordinierten Reihen verlaufen wie in der Fig. 29, sondern sich zu einem viel unregelmäßigeren Bilde gestalten.

Fig. 38. Schreitspur einer Larve, der die rechte Längscommissur zwischen dem 2. und 3. Abdominalganglion durchschnitten war. Die Umbiegung des hinter der Operationsstelle liegenden Körperteils nicht stark; die Raupe schritt nach dem ersten Bewegungstypus; wegen der Umbiegung des hinteren Körperteils und der anormalen (mehr nach außen und hinten gerichteten) Beinhaltung an der operierten Körperseite treffen die Schreitspuren der hinteren Beine diejenige der vorderen Bauchfüße nicht mehr genau (wie es bei der Raupe der Fig. 28 der Fall war), sondern ordnen sich jederseits zu besonderen regelmäßigen Fleckenreihen.

Fig. 39. Schreitspur einer Raupe mit der zwischen dem 1. und 2. Abdominalganglion durchschnittenen linken Längscommissur. Die Umbiegung des hinter der Operationsstelle liegenden Körperteils ist viel stärker als im Falle der Fig. 38. *a* Spur des rechten, *b* linken Beines des letzten Abdominalringes.

Fig. 40. Schreitspur einer Raupe, der die rechte Längscommissur zwischen dem 1. und 2. Thoracalganglion entfernt war. Die entsprechende Umbiegung noch viel stärker. Extremstes Bild. *b* Spur des rechten, *a* linken Beines des letzten Abdominalringes.

Fig. 41—45. *Pieris brassicae* L.

Fig. 41. Schreitspur nach dem ersten Schreittypus. Normales Tier.

Fig. 42. Schreitspur nach dem zweiten Schreittypus. Normales Tier.

Fig. 43. Schreitspur nach dem ersten Schreittypus. Vollständig enthirntes Tier.

Fig. 44. Schreitspur nach dem zweiten Schreittypus. Vollständig enthirntes Tier.

Fig. 45. Schreitspur einer Raupe, der das 5. Abdominalganglion entfernt war. Der nachgeschleppte, hinter der Operationsstelle liegende Körperteil verwischt das eigentliche Schreitpurbild fast gänzlich.

Fig. 46—47. *Pieris napi* L. Normale Raupen.

Fig. 46. Schreitspur einer nach dem ersten Typus sich bewegenden Raupe.

Fig. 47. Kriechbahn einer nach dem zweiten Typus kriechenden Raupe.

Tafel 12.

Schreitspuren auf berauhtem Papier.

Fig. 48—54. Schreitspuren der *Lymantria dispar* L.-Raupen.

Fig. 48. Schreitspur einer enthirnten Raupe, die auf ihrem Wege ein schräg zur Bewegungsrichtung gehaltenes Lineal findet. Das Tier läßt

sich durch dieses Hindernis nicht aufhalten, sondern schreitet weiter dicht neben der Linie.

Fig. 49. Schreitspur einer enthirnten Raupe, die einen auf ihrem Wege liegenden Bleistift überschritten hat.

Fig. 50. Schreitspur einer halbenthirnten Raupe, die einen einzigen, kleinen Kreis weißgetreten hat.

Fig. 51. Kriechspur einer halbenthirnten Raupe, die sich auf derselben Stelle nach der intakten Körperseite zu mehrmals kreisförmig bewegte.

Fig. 52. Kriechspur einer halbenthirnten Raupe; die Kriechspur wird zu einer so eng ineinander verschlungenen Spirale, daß auf dem geschwärzten Papier eine Kriechfläche weißgetreten ist.

Fig. 53. Schreitspur einer halbenthirnten Raupe, die ebenfalls nicht in geschlossenen Kreisen vorwärts schreitet, sondern spirale Bahnen weißgetreten hat (rührt von dem Tiere des Falles Fig. 50 her).

Fig. 54. Ein analoges Bild von der Raupe des Falles der Fig. 51.

Fig. 55. Schreitspur eines ausgeschlüpften Weibchens von *Lymantria dispar* L. *a* strichförmige, sich gegenseitig deckende, annähernd symmetrische Schreitspuren einzelner Beine. *b* Spuren der zitternden, die Unterlage berührenden Flügelspitzen. *c* die von dem nachgeschleppten Hinterleib hinterlassene Spur.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

August Weismann.

Sein Leben und sein Werk.

Von

Ernst Gaupp†

Weil. o. ö. Professor der Anatomie und Direktor des königl. anatomischen Instituts
der Universität Breslau.

(VIII, 297 S. gr. 8^o). 1917. Preis: 9 Mark, geb. 12 Mark.

Biologische Grenz- und Tagesfragen Heft 1.

Die Erbllichkeit im Mannesstamm und der vaterrechtliche Familienbegriff.

Von

Dr. V. Haecker,

ord. Professor der Zoologie in Halle (Saale).

1917. Preis: 1 Mark.

Verhandlungen der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern.

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben von

C. E. Hellmayr.

Band 13, Heft 2. 1917. Preis: 4 Mark 50 Pf.

Inhalt: Stresemann, Ueber gemischte Vogelschwärme. — Stadler und Schmitt, Die Rufe der Mauersegler. — Gebhardt, Fichtelgebirgsbeobachtungen 1914. — Stresemann, Die Verwendbarkeit des Entfernungsmessers zur Ermittlung der Flughöhe. — v. Domanewski, Sitta europaea homeyeri Hart. und verwandte Formen. — Hellmayr, Zur Nomenklatur zweier paläarktischer Krähen. — Hellmayr, Miscellanea Ornithologica, II. — Laubmann, Eine neue Rabenkrähe aus Japan. — Schriftenschan. — Sitzungsberichte (Oktober 1916 bis Juni 1917.)

Die Geradflügler Deutschlands und ihre Verbreitung.

Systematisches und synonymisches Verzeichnis der im Gebiete des Deutschen Reiches
bisher aufgefundenen Orthopteren-Arten (Dermaptera, Oothecaria, Saltatoria).

Von

Dr. Friedrich Zacher,

Ständigem Mitarbeiter an der Kaiserlichen Biologischen Anstalt
für Land- und Forstwirtschaft.

Mit einer Verbreitungskarte

(VII, 289 S. gr. 8^o). 1918. Preis: 10 Mark.



Handwörterbuch der Naturwissenschaften.

Herausgegeben von

Prof. Dr. E. Korschelt-Marburg (Zoologie), Prof. Dr. G. Linck-Jena (Mineralogie und Geologie), Prof. Dr. F. Oltmanns-Freiburg (Botanik), Prof. Dr. K. Schaum-Leipzig (Chemie), Prof. Dr. H. Th. Simon-Göttingen (Physik), Prof. Dr. M. Verworn-Bonn (Physiologie) und Dr. E. Teichmann-Frankfurt a. M. (Hauptredaktion).

Zehn Bände

Auf 12030 Seiten Text: 777 selbständige Aufsätze mit 8863 Abbildungen und 627 Biographien, verfaßt von 400 Mitarbeitern. 360 Seiten Sachregister.

Unbeeinflusst durch die mit dem Kriege eingetretenen schwierigen Verhältnisse ist das „Handwörterbuch der Naturwissenschaften“, den früheren Ankündigungen entsprechend innerhalb dreier Jahre (Anfang 1912 bis Anfang 1915) zum Abschluß gelangt.

Überall in der ganzen gebildeten Welt ist dieses umfassende Werk mit lebhafter Freude begrüßt worden. Die Drucklegung ist mit einer Schnelligkeit erfolgt, wie sie bisher kaum bei irgendeinem Sammelwerk ähnlicher Art erreicht worden ist; dadurch hat es sich von vornherein besondere Sympathien erworben. Zugleich bietet gerade dieses rasche Erscheinen die Gewähr für die größtmögliche Einheitlichkeit des Ganzen und die Berücksichtigung der neuen Forschungsergebnisse in allen Bänden des Werkes.

Ein außerordentlich ausführliches, 360 Seiten (=1080 Spalten) umfassendes Sachregister ermöglicht ausgiebigste Benutzung.

Preis: 200 Mark, in Halbfranz gebunden 260 Mark.

„... eine Kulturtat von höchster Bedeutung.“
(Techn. Monatshefte.)

„... eine hervorragende Schöpfung deutschen Geistes und deutschen Gelehrtenfleißes...“
(Rhein. Hochschulzeitung.)

„... eine der großartigsten Unternehmungen auf dem Gebiete der Bibliographie...“
(Wiener klin. Wochenschrift.)

„... ein Werk, das weit in alle Welt hinausgehen wird, um dort von deutschem Gelehrtenfleiß und deutscher Gründlichkeit Kunde zu geben...“
(Neue Freie Presse, Wien.)

„... eine Universalität des naturwissenschaftlichen Wissens...“
(Pharmazent. Post.)

„... eine Bibliothek im kleinen, die über alle Fragen des großen Gebietes der Naturwissenschaften Aufschluß erteilt...“
(Zentralbl. f. Zoologie.)

„... ein monumentales Werk, dem die Literatur anderer Völker Ähnliches bisher nicht an die Seite zu stellen hat.“
(Mikrokosmos.)

„... Es ist staunenerregend, was hier an naturwissenschaftlichem Wissen und Können zusammengetragen worden ist...“
(Apotheker-Zeitung.)

ZOOLOGISCHE JAHRBÜCHER

ABTEILUNG

FÜR

ALLGEMEINE ZOOLOGIE UND PHYSIOLOGIE
DER TIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

PROF. DR. J. W. SPENGEL
IN GIESSEN



BAND 36. HEFT 4



JENA

VERLAG VON GUSTAV FISCHER

1919

Die „Zoologischen Jahrbücher“ (Abteilung für allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere) erscheinen in zwangloser Folge. Je vier Hefte bilden einen Band. Der Preis wird für jedes Heft einzeln bestimmt.

Inhalt.

(Abt. f. Phys., Bd. 36, 4)

	Seite
MÜLLER, ERNST, Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildkaninchen	503
BETHCKE, HANS, Vergleichende Untersuchungen an Frettchen und Iltissen	589
TIMMANN, OTTO, Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildenten	621
LANGE, W., Untersuchungen über den Hämoglobingehalt, die Zahl und die Größe der roten Blutkörperchen	657

Titel und Inhalt zu Band 36.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Auf meine bis Ende 1916 erschienenen Verlagswerke erhebe ich 30⁰/₀, auf die in den Jahren 1917 u. 1918 erschienenen 10⁰/₀ Verleger-Teuerungszuschlag.

Physiologische Optik.

Dargestellt für Naturwissenschaftler.

Von

Dr. W. E. Pauli,

und

Dr. R. Pauli,

a. o. Professor an der Universität Jena,

Privatdozent an der Universität München.

Mit 2 Tafeln und 70 Abbildungen im Text. (VI, 112 S. gr. 8^o) 1918.

Preis: 5 Mark, gebunden 7 Mark 20 Pf.

Inhalt: 1. Teil: **Dioptrik.** Bau des menschlichen Auges; Strahlengang. Der Augenspiegel. Die Akkomodation. Brillengläser. Die Irradiation. — 2. Teil: **Gesichtsempfindungen.** Von der Lichtempfindung im Allgemeinen. Lichtmischungen. Theorie des Farbensehens nach Helmholtz. Das Purkinje'sche Phänomen; Dämmerungsehen. Die Duplizitätstheorie. Die Farbenblindheit. Der Simultankontrast. Die Hering'sche Theorie der Gegenfarben. Zeitliche Verhältnisse der Lichtempfindung. Das Weber'sche Gesetz; Photometrie. — 3. Teil: **Gesichtswahrnehmungen.** Die Sehschärfe. Geometrisch-optische Täuschungen. Das binokulare Sehen. Zur Theorie der Raumschauung. Das Sehen von Bewegungen. Quellennachweise. Stichwortverzeichnis.

Bei der Darstellung der physiologischen Optik berücksichtigt das Buch besonders die Gebiete, auf denen sich Berührungspunkte mit der Physik finden, also z. B. das Farbensehen, die Kontrastercheinungen, die Photometrie, Stereoskopie usw. Die Arbeit will damit einem Bedürfnis entgegenkommen, das durch die jüngste Entwicklung dieses Grenzgebietes in weiteren Kreisen zutage getreten ist. Den praktischen Anwendungen physiologischer Tatsachen ist besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Mit Rücksicht darauf sowie auf Vorlesungs- und Demonstrationszwecke sind zahlreiche, zum Teil neu ausgearbeitete Versuche nebst den Anordnungen beschrieben. Ferner ist Wert darauf gelegt, überall den neuesten Forschungen gerecht zu werden. Ein ausführliches Literaturverzeichnis dient weiterer Orientierung.

Als Leserkreis sind in erster Linie Vertreter der exakten Naturwissenschaften, aber auch Biologen und Mediziner sowie experimentelle Psychologen gedacht.

Nachdruck verboten.

Übersetzungsrecht vorbehalten.

Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildkaninchen.

Von

Dr. med. vet. **Ernst Müller.**

(Aus dem Zoologischen Institut der Kgl. Landw. Hochschule Berlin.)

„*Πάντα θεὸς μέτρον καὶ ἀριθμὸν καὶ σταθμὸν διέταξεν*“ gibt A. BRANDT (16) seiner Arbeit über die von WELCKER in einer Reihe von Jahren mit außerordentlichem Fleiß zusammengetragenen Wägungen an Körperorganen als Motto bei. Es wird hiermit zum ersten Male, von allgemeineren Gesichtspunkten ausgehend, der Bedeutung von genau festgestellten Maßen Rechnung getragen, Maßen, die von jedem, der sich mit ähnlichen Aufgaben befassen will, in welcher Richtung sie sich auch bewegen, verwandt werden können. Sie erst geben das sichere Gefühl, daß man sich nicht mehr auf dem Gebiete subjektiver Empfindungen und allgemeiner Angaben, die jeder nach seinem Sinn auszulegen imstande ist, bewegt. In Betracht kommende Unterschiede in den einzelnen Ergebnissen werden sich nur noch da bemerkbar machen können, wo nach verschiedenen Methoden verfahren wurde oder das Material hinsichtlich seiner Beschaffenheit (Alter, Rasse, Nährzustand, pathologische Veränderungen usw.) differierte. Daß hier Abweichungen, die nicht einmal sehr erheblich sind, schon zu sehr verschiedenen Resultaten führen können, liegt auf der Hand. Nicht mit Unrecht betont deshalb WELCKER (16), daß die angegebenen Maße bei 74 Tieren genau

nach einem und demselben Plane aufgenommen und Zergliederung und Wägung von ihm eigenhändig ausgeführt worden seien, mit Ausnahme der Skeletierung einiger größerer Tiere. Welche Unsumme von Arbeit zu diesen Untersuchungen gehört, ergibt sich aus seiner Angabe, wonach zur Bearbeitung von Tieren in Größe einer Taube 6—8 Stunden ununterbrochener, emsiger Arbeit erforderlich waren. Werden dazu noch Muskelpräparierungen vorgenommen und rechnet man die Zeit, die mit Maceration, Trocknen der Skelete usw. vergeht, so wird ersichtlich, daß derartige Arbeiten sich über einen größeren Zeitraum werden erstrecken müssen, selbst wenn die Beschaffung geeigneten Materials keine Schwierigkeiten machen sollte.

Diese Methode der Wägung und Messung hat auch DARWIN (1) verwandt, um die körperlichen Unterschiede der domestizierten Tiere gegenüber der zugehörigen Stammform festzustellen. Er hat dabei hauptsächlich die Ente untersucht, gibt aber auch einige Angaben über das Kaninchen.

Im Folgenden soll nun das Kaninchen einer vergleichenden Untersuchung nach Maß und Gewicht auf breiterer Grundlage unterzogen werden.

Für Untersuchungen über die Einflüsse der Domestikation erweist sich das Kaninchen als außerordentlich geeignet, da wir ohne weiteres unser Wildkaninchen als Stammform zur Grundlage für den Vergleich nehmen können. Denn daß dieses als Stammvater für das Hauskaninchen allein in Betracht kommt, darüber sind die Meinungen ungeteilt.

Gleichzeitig weist diese Tierart eine große Variationsmöglichkeit auf. Auch diese macht es wahrscheinlich, daß die Untersuchungen zu nicht uninteressanten Ergebnissen würden kommen können. Nicht mit Unrecht sagt GERHARDT (3): „Wenn man die vielen, heutzutage existierenden Rassen des Hauskaninchens betrachtet, könnte man in der Tat daran zweifeln, ob diese verschieden geformten und gefärbten Tiere wirklich nur Rassen ein und derselben Art seien. Aber ebenso leicht wie sich das wilde, graue Kaninchen zu seinen verschiedenen Rassen umzüchten läßt, ebenso leicht verwildern diese wieder, wenn sie sich selbst überlassen werden, und sie nehmen in allem wieder die Merkmale der alten Stammform an.“

Schwierigkeiten ergaben sich bei der Beschaffung geeigneten Materials insofern, als zunächst große, also ca. 16 Pfund schwere Rassen nur schwer aufzutreiben waren und von den Züchtern nur

zu erheblichen Preisen abgegeben wurden. Deswegen wurden hauptsächlich zu Skeletuntersuchungen auch Tiere verwandt, die einer diese Forschungen nicht hindernden Krankheit zum Opfer gefallen waren, insbesondere akuten Formen der Kaninchensepticämie. — Ferner gelang es nur schwer, Tiere von gleicher Größe bzw. Gewicht wie das Wildkaninchen zu beschaffen. In der Literatur finden sich Angaben über das sogenannte deutsche Kaninchen, das in seiner Größe und seinem Typ dem Wildkaninchen sehr ähnlich sein soll. Es wird hervorgehoben, daß diese Tiere in der Zeit, als die Kaninchenzucht noch nicht die Bedeutung hatte wie jetzt, in den Pferdeställen viel gehalten worden seien. Umfragen ergaben, daß diese Kaninchen jetzt fast unbekannt und in dem Streben nach Züchtung großer Rasse- und Farbenkaninchen vollständig in den Hintergrund gedrängt worden sind. Erst neuerdings macht sich ganz vereinzelt der Wunsch bemerkbar, diese Kaninchenrasse rein durchzuzüchten und so wieder erstehen zu lassen.

Auf der Suche nach Tieren, die den Wildkaninchen im Gewicht annähernd gleichen, erwies sich das Hermelinkaninchen als sehr brauchbar. Wir haben hier eine Rasse vor uns, die, was das Gewicht anbelangt, mit dem des wilden Kaninchens übereinstimmt, sind also einer Schwierigkeit enthoben, die schon DARWIN (1) bei seinen Untersuchungen über die Gehirnkapazität betont: „Besäßen wir eine grosse Anzahl domestizierter Kaninchen von nahezu derselben Grösse wie das wilde Kaninchen, so würde es leicht sein, die Kapazität ihrer Schädel zu messen und zu vergleichen. Dies ist indes nicht der Fall.“ Bei den Hermelinkaninchen mußten wir aber auf alte Reinzuchten zurückgreifen, die ein durchaus gleichmäßiges Material von geringem Gewicht anstrebten. Diese Rasse zeigt die Neigung, ihr Gewicht zu erhöhen. So kommt es, daß die Tiere verschiedener Zuchtstämme auch hinsichtlich ihres Gewichtes differieren. Da die kleinen Tiere viele Liebhaber fanden, so hielten die Züchter mit ausgewachsenen Tieren sehr zurück und ließen sich nur selten herbei, aus ihrem Stamm solche abzugeben. Wer sich erinnert, in seiner Jugend Kaninchen mit höchstens 75 Pf. bezahlt zu haben, wird erstaunt sein zu erfahren, daß Preise von 30—50 M. für ein Kaninchen durchaus nicht zu den Seltenheiten gehören. Diese Preise sind teilweise auch ein Ersatz für die besonderen Maßnahmen der Züchter, die Variationen zu halten, bzw. noch weiter zu treiben. Sie bilden ein besonderes Kapitel bei den Veränderungen in der Domestikation, zu denen wir gemeinhin die

durch Fütterung, Stallung, Klima, beschränkte Bewegung usw. bedingten rechnen. Es sind hier einige Rassen, die in dieser Beziehung einer besonderen Behandlung unterworfen werden. Das bekannteste Beispiel hierfür ist das englische Widderkaninchen, bei welchem der Hauptwert auf die Heranzüchtung langer und breiter Ohren gelegt wird. Hier wird von vielen Züchtern der Natur nachgeholfen durch Massage der Ohren und gleichzeitig durch warme, oft heiße Stallungen. Bei diesen Tieren spielt das Seeklima eine bedeutende Rolle. Nicht nur daß England in dieser Züchtung die hervorragendsten Tiere auf den Markt bringt, nein, es ist auch bekannt, daß in Deutschland die besten Tiere in den Seestädten gezogen werden.

Ein anderes Beispiel bieten die Hasenkaninchen, die nicht etwa zu verwechseln sind mit denjenigen, die durch eine Kreuzung von Hase und Kaninchen hervorgegangen sein sollen. Ihr hervorstechendstes Merkmal sind die feingliedrigen, langen Vorder- und Hinterläufe, und ihr feingebogener, nach oben gewölbter Rücken, die im Verein mit der übrigen schnittigen Figur diese Rasse dem Hasen nicht unähnlich machen. Um dies zu erreichen, werden die Tiere schon frühzeitig über kleine Hürden gejagt. Daneben erhalten sie ausreichende Bewegung. Ferner kommt hier noch in Betracht die besondere Haarpflege bei Angorakaninchen, die intensive Fütterung, insbesondere mit Leguminosen, bei den großen Rassen usw.

Wenn auch alle diese Maßnahmen eine besondere Rolle nicht spielen werden, so kommen sie doch neben der Zuchtwahl als unterstützende Momente sicherlich sehr in Frage. Über ihre Bedeutung würden wir auf dem Wege des Experiments und anschließender Messungen sicherlich interessante Ergebnisse erhalten. Alle diese Einzelfragen bedürfen aber der Aufklärung, da sie ein Bild der Ursachen der verschiedenen Veränderungen abgeben und auch die Variationsmöglichkeit feststellen. Die Ergebnisse der sich in dieser Richtung bewegenden Forschungen werden sich wieder bei Aufstellung von Art, Abart, Rassenverwandtschafts-Beziehungen, Abstammungsforschung usw. mit Erfolg verwenden lassen.

Die mannigfachen Einflüsse der Domestikation werden sich beim Hauskaninchen in besonders ausgeprägter Weise geltend machen müssen, weil es unter Bedingungen gehalten wird, die fast bei keinem anderen Tiere so sehr von denen der wilden Stammform abweichen. DARWIN sagt darüber: „Es wäre doch außerordentlich, wenn strenge Gefangenschaft, selbständige Zähmung, unnatürliche

Nahrung und sorgfältige Züchtung, wenn alle diese durch viele Generationen forterhaltenen Verhältnisse nicht wenigstens irgend eine Wirkung hervorgebracht hätten.“ DARWIN ging diesen Umänderungen genauer nach und verglich verschiedene Skelete wilder und zahmer Kaninchen, wobei er auf mannigfache osteologische Verschiedenheiten aufmerksam machen konnte. Besonderes Interesse wandte er der Schädelkapazität zu und vor allem den Umänderungen, die die lang herabhängenden Ohren bei den domestizierten großen Rassen am Schädel bedingt hatten.

Im übrigen findet man in der Literatur nur wenige Angaben, die sich bei einem Vergleich wilder und zahmer Kaninchen verwerten lassen. Meist fehlt Rassen- und Altersangabe der betreffenden Individuen. In der Regel sind aber nicht ausgewachsene Tiere verwandt worden, soweit es sich aus den Gewichtsangaben ersehen läßt. Diese sind natürlich für unsere Zwecke unbrauchbar, da Organe jugendlicher Tiere sich anders verhalten als die von erwachsenen. Alle in beiliegenden Tabellen angeführten Zahlen, die den Berechnungen zugrunde liegen, stammen von ausgewachsenen Tieren. Wo jüngere Tiere aus irgendeinem Grunde zusammengestellt werden, sind diese besonders bezeichnet, ebenso Tiere, die von der Norm soweit abwichen, daß sie für die Berechnung nicht in Frage kommen konnten. Soweit zugänglich und bekannt, sind die Gründe für die besonderen Abweichungen näher angegeben worden.

Der Untersuchungsgang, nach dem die Veränderungen in der Domestikation beim wilden Kaninchen festgestellt werden sollten, war kurz folgender: die Tiere wurden durch Chloroform getötet und nach Auspressen des Blaseninhalts gewogen. Dann wurden Körperlänge (Nasenspitze bis Schwanzende) und Länge der Ohren gemessen. Nach Abstreifung des Felles wurden die Augen präpariert und gewogen. Der Körperinhalt wurde durch Trennung der Bauchdecken in der Linea alba freigelegt, die Einzelorgane gewogen, gemessen, teilweise auch der Inhalt bestimmt. Von einer systematischen Feststellung des Gewichts von Leber, Lunge, Nieren, Milz im Rahmen dieser Untersuchung wurde wegen des wechselnden Blutgehalts Abstand genommen. Die Muskeln wurden teils einzeln, teils in Gruppen präpariert. Maßgebend hierfür war ihre Wirkung bzw. ihre einwandfreie Abgrenzung anderen Muskeln gegenüber.

Anfänglich wurden die Muskeln jeder Seite präpariert und gewogen. Da sich aber eine konstante Differenz in dem Gewicht

einer Seite nicht nachweisen ließ, so wurde diese Arbeitsweise fallen gelassen und nur die Muskeln der rechten Seite verwandt.

Die Knochen der Gliedmaßen wurden abgeschabt, das Mark bei einigen herausgenommen, die Bruchstücke getrocknet und die jeweiligen Gewichte bestimmt. Auch hier konnte ein konstanter Unterschied im Gewichte einer Seite nicht festgestellt werden.

Nach Herausnahme von Gehirn und Rückenmark wurde der Rest des Skelets der Maceration unterworfen, teils bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, teils auch, weil jenes Verfahren eine längere Zeit in Anspruch nahm, in Macerationsbottichen, deren Wasser auf einer Durchschnittstemperatur von 36—40° gehalten wurde, damit also den zersetzenden Microben die günstigste Entwicklung garantierte. Das Skelet wurde bei Zimmertemperatur getrocknet, die einzelnen Knochen gewogen.

Die Versuche, die Ausdehnung der Riechschleimhaut festzustellen, wurden aufgegeben, da sie die Arbeiten zu sehr auseinander-rissen, und zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht.

Auch die gleichfalls unternommenen Untersuchungen über die Zahl der in den *Pap. foliatae* enthaltenen Geschmacksknospen scheiterten an der Schwierigkeit der Zählung, die auch schon STAHR (14) betont. An der Hand des so geschaffenen Materials konnte aber auf die von gleichem Verfasser gemachten Angaben über Form und Größe der *Pap. foliatae* näher eingegangen werden.

Weitere Einzelheiten über Arbeitsmethoden und Besonderheiten in der Bearbeitung der einzelnen Organe finden sich in den betreffenden Sonderkapiteln.

Was das Gewicht der für die Berechnung verwandten Tiere angeht, so wog das leichteste Wildkaninchen 1273 g und das schwerste 1797 g. Von den Hauskaninchen hatte das leichteste Tier ein Gewicht von 1694 g und das schwerste ein solches von 7300 g, einwandfreie und ausgewachsene Tiere vorausgesetzt. Geringe Schwankungen weist die Körperlänge beim Wildkaninchen auf, die sich zwischen 44 und 49 cm hält. Beim Hauskaninchen beträgt diese beim kürzesten 45,5 und beim längsten 76 cm. Vergleichen wir gleich schwere Tiere miteinander, so zeigt sich, daß die Wildkaninchen im Durchschnitt 1 cm länger sind.

Vergleichstabelle 1¹⁾ (s. Gesamttabelle IV)²⁾.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Länge in cm
1	W 26	♂	1630	47
2	W 16	♂	1686	46
3	W 23	♂	1715	49

Vergleichstabelle 1a (s. Gesamttabelle IVa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♀	1661	46
2	H 90	♂	1694	46
3	H 82	♀	1757	45,5

Auf das Variieren der Ohrlänge hat schon DARWIN ausreichend hingewiesen. Diejenige Zucht, bei der die Länge und Breite der Ohren die wesentlichsten Bestandteile der Beurteilung auf Rassigkeiten ausmachen, die des englischen Widderkaninchens, erregten schon sein Erstaunen. Die Bestimmungen über die Bewertung dieser Tiere, herausgegeben vom Landesverband preußischer Kaninchenzüchter, legen als Höchstmaß der Länge der Ohren, ausgespannt gemessen, das von 65 cm und für die Breite das von 15 cm fest, Maße, die häufig noch überschritten werden. Dem stehen die des Wildkaninchens mit 20 bzw. 4,5 cm gegenüber.

Legen wir einem Vergleich gleichschwerer Tiere einmal das Maß vom knöchernen Gehörgang zur Ohrspitze und das schon oben genannte Längenmaß zugrunde, so erhalten wir für das Wildkaninchen ein Verhältnis von 9,3:20,3 cm und für das Hauskaninchen ein solches von 10:22 cm. Es sind also die Ohren beim Hauskaninchen absolut länger.

Um das Gewicht des Felles in Vergleich zu ziehen, empfiehlt es sich, einmal Sommer- und Winterfelle in einer Rubrik getrennt zu behandeln und gleichfalls die von Männchen oder Weibchen gesondert zu betrachten. Insbesondere die Felle älterer männlicher Hauskaninchen zeigen zufolge ihrer außerordentlich starken Cutis ein

1) Vergleichstabellen enthalten Tiere, die in ihrem Körpergewicht annähernd übereinstimmen.

2) Gesamttabellen führen alle auf das betreffende Organ hin untersuchten Tiere auf.

hohes Gewicht. Diese Felle sind in gegerbtem Zustande so stark, daß sie z. B. in der Schuhfabrikation eine Verwendung zu Oberleder nicht mehr finden können.

Vergleichstabelle 2 (s. Gesamttabelle I).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht	Fell- gewicht in g	Gewicht %	Art des Felles
1	W 10	♂	} aus- ge- wach- sen	1490	163	10,9	Sommer-Fell
2	W 84	♀		1522	120	7,9	Winter-Fell
3	W 83	♀		1580	136	8,6	W.F.
4	W 16	♂		1686	223	13,3	W.F.
5	W 2	♀		1738	189	10,4	S.F.
Durchschnitt:						10,2	

Vergleichstabelle 2a (s. Gesamttabelle Ia).

Hauskaninchen.

1	H 4	♂	ca. 6	1500	143	9,6	S.F.
2	H 5	♂	ca. 6	1512	138	9,1	S.F.
3	H 89	♀	6½	1661	152	9,2	W.F.
4	H 90	♂	7	1694	189	11,2	W.F.
5	H 7	♀	ca. 6	1723	175	10,2	S.F.

Auf das Körpergewicht bezogen, gibt uns der Gesamtdurchschnitt beim Hauskaninchen eine prozentuale Beteiligung des Felles von 12,4 für das Männchen und 10,5 für das Weibchen, beim Wildkaninchen von 10,5 und 9,0 an. Diese Zahlen geben aber kein richtiges Bild dieser Verhältnisse. Denn vergleichen wir gleichschwere Tiere, so erhalten wir für Wildkaninchen den Durchschnitt von 10,2 und Hauskaninchen von 9,9, also fast eine Umkehrung, die wir aber durch die Zahl der für diesen Zweck noch zu jungen Tiere No. H 4, H 5 und H 89 veranlaßt sehen. Wir werden den tatsächlichen Verhältnissen sehr nahe kommen, wenn wir für das Wildkaninchen eine Prozentzahl von 10,2 und für das Hauskaninchen eine solche von 11,2—11,5 aufstellen. Danach würde also das Wildkaninchen ein leichteres Pelzwerk besitzen. Ein prozentual hohes Gewicht besitzen die mittelschweren Rassen, die bis 16,4 hinaufgehen. Bei weiterer Körpergewichtszunahme sehen wir dagegen eine Abnahme des prozentuellen Verhältnisses, das bei dem schwersten Tiere bis auf 9,9 heruntersinkt, auftreten.

Im einzelnen erhalten wir aus der Zusammenstellung folgendes Bild: das Gewicht des Winterpelzes unserer weiblichen Hauskaninchen

macht im Durchschnitt 10,4 % aus, gegenüber 8,5 beim weiblichen Wildkaninchen. Der Winterpelz der männlichen Tiere dagegen zeigt das höhere Gewicht von 13,5 beim Hauskaninchen und 11,7 bei seinen wilden Vettern.

Hier lassen sich vielleicht noch die Gewichte der Felle von zwei Kastraten anschließen, die sich ähnlich denen der männlichen Tiere verhalten und gleichzeitig auch wieder zeigen, daß die mittelschweren Tiere ein bedeutend höheres Prozentualgewicht aufweisen.

Etwas geringer sind die Differenzen bei den Sommerfellen. Hier beträgt der Durchschnitt für weibliche Wildkaninchen 9,4, für männliche 9,9 und für das Hauskaninchen 10,6 bzw. 11,1. Alle diese kleineren Zusammenstellungen machen das höhere Fellgewicht männlicher Tiere ersichtlich (sekundäres Geschlechtsmerkmal). Auffallend ist das niedrige Gewicht der Winterfelle der weiblichen Tiere.

Die weitere Untersuchung erstreckte sich auf den Inhalt der Bauch- und Bruthöhlen. Das Gewicht des gefüllten Darmtractus (Magen und Darm) variiert beim Hauskaninchen außerordentlich und selbst innerhalb einer Reihe von Tieren gleichen Gewichts. Die Gewichtsgrenzen betragen bei einem Körpergewicht von 1500—5000 g 213—889 g. Bei den Wildkaninchen sehen wir dagegen auch in dieser Hinsicht eine ziemliche Konstanz auftreten. Tiere im Gewicht von 1300—1750 g zeigen ein Magen-Darmgewicht von 179—257 g. Im Mittel hält es sich bei der Mehrzahl der Tiere auf einem Gewicht von 220 g. Wir können vielleicht in dieser Zahl das Gewicht der Inhaltsmasse sehen, welche dem Wildkaninchen einerseits die nötige Energie zuführt und es andererseits in seiner Behendigkeit und seinen Leistungen nicht beeinträchtigt.

Da es doch gewagt wäre, aus dem schwankenden und leicht zu beeinflussenden Gewicht des gefüllten Darmkanals Schlüsse zu ziehen, so wurde als sicherer scheinender Anhalt das Gewicht des gereinigten Magen- und Darmtractus aufgenommen. Selbstverständlich mußte man auch hier auf Schwankungen gefaßt sein. Der Darmkanal wurde aufgeschnitten, gereinigt, in Wasser gespült und in leinenen Tüchern so lange ausgepreßt, bis sie keine Feuchtigkeit mehr annahmen. Die sich aus dieser Methode ergebenden Fehlerquellen dürften aber eine besondere Bedeutung nicht haben, da sie ein Gewicht von 5 g kaum übersteigen und dieses bei der Höhe der Gesamtzahl kaum in die Wagschale fällt. Für das Hauskaninchen ergibt die Tabelle bei einem Durchschnittskörpergewicht von 2839 g ein Durchschnittsgewicht für den so bearbeiteten Darmkanal von

125 g. Das wären 4,4 % vom Körpergewicht. Eine nur geringe Abweichung tritt beim Wildkaninchen auf, bei dem wir einen Anteil von 4,7 % erhalten, bei einem Körpergewicht von durchschnittlich 1550 g und Magen-Darmgewicht von 73 g. Vergleichen wir Tiere gleichen Gewichts, so erhalten wir für das Hauskaninchen eine Zahl, die mit der Prozentzahl von 4,7 des Wildkaninchens völlig übereinstimmt.

Vergleichstabelle 3 (s. Gesamttabelle III).

Wildkaninchen.				
Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Magen und Darm ohne Inhalt
1	W 16	♂	1686	70
2	W 35	♀	1715	65
3	W 34	♀	1720	83
4	W 31	♀	1730	82
5	W 36	♂	1735	77
6	W 28	♂	1750	88
7	W 15	♂	1750	87
Durchschnitt:			1787	79=4,6%

Vergleichstabelle 3a (s. Gesamttabelle IIIa).

Hauskaninchen.				
1	H 89	♂	1661	64
2	H 82	+	1747	87
3	H 43	♂	1765	103
4	H 42	♂	1775	75
5	H 32	♂	1880	82
Durchschnitt:			1766	82=4,6%

Es schien ferner nicht ohne Interesse zu sein, den Rauminhalt des Magens bei wechselnder Körpergröße festzustellen. Auch hier finden wir große Schwankungen, insbesondere beim Hauskaninchen und selbst bei Tieren annähernd gleicher Größe, so daß wir also annehmen müssen, daß hier große Verschiedenheiten allein durch die Art und Menge der Nahrung, ob Grün- oder vorwiegend Kraftfutter, herbeigeführt werden. Das engste Verhältnis von Magen volumen zum Körpergewicht betrug beim Hauskaninchen 1:6 und das weiteste 1:22,7. Gleichmäßigere Verhältnisse finden wir auch hier wieder beim Wildkaninchen. Abgesehen von 2 Fällen, in denen wir ein abnormes Verhältnis von annähernd 1:30 erhalten, finden wir als Maximalmaß das bei einem graviden Weibchen mit 1:19,1 und als niederstes das von 1:8,1.

Was die Technik der Rauminhaltsgewinnung sowohl des Magens wie auch des Blinddarms anlangt, so wurde der Inhalt ausgespült, die Speiseröhreneinpflanzung bzw. Hüftarm-Blinddarmöffnung durch Abbinden verschlossen und das Volumen mit physiologischer Kochsalzlösung von Zimmertemperatur ausgemessen, um eine möglichst gleiche Spannung der Gewebe zu erreichen.

Beim Hauskaninchen ergibt die Tabelle für das Verhältnis von Mageninhalt zum Körpergewicht — 1 cmm physiologischer Kochsalzlösung ist gleich 1 g gesetzt — im Mittel 1:13,19 und beim Wildkaninchen ein solches von 1:11,55. Bei Zusammenstellung gleichgroßer Tiere erhalten wir eine geringere Schwankung beim Wildkaninchen, welche auch bleiben würde, wenn wir in der Hauskaninchentabelle das vielleicht abnorme Verhältnis von No. H 42 außer acht ließen.

Vergleichstabelle 4 (s. Gesamttabelle III).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Verhältnis
1	W 37	♂	1620	1:9,4
2	W 35	♂	1715	1:9,1
3	W 34	♂	1720	1:8,1
4	W 31	♂	1730	1:10,4
5	W 36	♂	1735	1:9,8
6	W 28	♂	1750	1:10,7
7	W 15	♂	1750	1:13,1

Vergleichstabelle 4a (s. Gesamttabelle IIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	1661	1:14,6
2	H 90	♂	1694	1:9,3
3	H 43	♂	1765	1:12,8
4	H 42	♂	1775	1:19,3
5	H 32	♂	1880	1:9

Wir können also den Schluß ziehen, daß die Aufnahmefähigkeit des Magens beim Wildkaninchen eine größere ist.

Geringere Schwankungen zeigt die Tabelle über die Gegenüberstellung von Blinddarmvolumen und Körpergewicht unter Zugrundelegung aller Tiere. Sie gibt als niederste Angabe die von 1:4,2 an und die höchste die von 1:11,5. Im Durchschnitt erhalten wir ein Verhältnis von 1:7,4 beim Hauskaninchen, dem ein fast gleiches von 1:7,5 für das Wildkaninchen gegenübersteht. Stellen wir die

gleichen Angaben für gleichgroße Tiere zusammen, so ergibt sich auch hier ein verhältnismäßig größerer Inhalt für den Blinddarm bezogen auf das Körpergewicht.

Vergleichstabelle 5 (s. Gesamttabelle III).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Blinddarm- volumen: Körper- gewicht
1	W 37	♀	1620	1:6,5
2	W 35	♀	1715	1:6,5
3	W 34	♀	1720	1:6,1
4	W 31	♀	1730	1:6,3
5	W 36	♀	1735	1:7,4
6	W 28	♂	1750	1:8,8
7	W 14	♂	1750	1:6,8
			Durchschnitt: 1:6,9	

Vergleichstabelle 5a (s. Gesamttabelle IIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♀	1661	1:5,5
2	H 90	♀	1694	1:9,0
3	H 82	♀	1747	1:8,6
4	H 43	♂	1765	1:8,1
5	H 42	♀	1775	1:11,5
6	H 32	♂	1880	1:5,5
			Durchschnitt: 1:8	

Über das Verhältnis vom Magen zum Blinddarminhalt steht mir eine Angabe von KRAUSE (12) zur Verfügung, wonach der Blinddarm 10mal so groß sein soll wie der Magen. Ich habe bei keinem von 90 untersuchten Tieren ein derartiges Übergewicht feststellen können. Das weiteste Verhältnis war beim Hauskaninchen 1:4,5; dieses wurde ebenso wie ein Verhältnis von 1:0,87 bei dem schwersten untersuchten Tiere als von der Norm zu sehr abweichend in den Berechnungen außer acht gelassen. Gewiß überwiegt der Blinddarm des Hauskaninchens mit seinem Durchschnittsvolumen von 1,9:1 das des Magens und auch der des Wildkaninchens mit 1,8:1, aber doch nicht in dem Maße, wie vielfach angenommen wird. Wenn wir sehr weite Konzessionen machen wollen, so können wir sagen, daß beim Hauskaninchen zuweilen der Blinddarm den fünffachen Inhalt des Magens faßt. Das Verhältnis von Magen zu Blinddarm zeigt bei Wild- und Hauskaninchen fast volle Übereinstimmung, wenn wir den Durchschnitt sämtlicher Tiere nehmen. Bei gleichgroßen Tieren stellen sich hingegen die Werte wie folgt:

Vergleichstabelle 6 (s. Gesamttabelle III).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Inhalt des Magens in cem	Mageninhalt: Blinddarminhalt
1	W 37	♀	1620	173	1:1,45
2	W 35	♀	1715	188	1:1,4
3	W 34	♀	1720	213	1:1,31
4	W 31	♀	1730	167	1:1,66
5	W 36	♂	1735	177	1:1,33
6	W 28	♂	1750	163	1:1,23
7	W 15	♂	1750	134	1:1,91
				Durchschnitt:	1:1,47

Vergleichstabelle 6a (s. Gesamttabelle IIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♀	1661	112	1:2,7
2	H 82	♀	1747	83	1:2,4
3	H 43	♀	1765	138	1:1,58
4	H 42	♂	1775	92	1:1,69
5	H 47	♂	2062	117	1:2,11
				Durchschnitt:	1:2,1

Auch hier fällt die Ungleichmäßigkeit der Tabelle der Hauskaninchen auf. Wir erhalten für das Wildkaninchen ein engeres Verhältnis vom Magen zum Blinddarm. Es hat also das Hauskaninchen nach obigen Angaben einen im Verhältnis zum Magen größeren Blinddarm.

Einen weiteren Maßstab für die Ausdehnungsverhältnisse der Darmschleimhaut müßte die Länge des Darmes ergeben. Ausgehend hiervon wurden von 28 Haus- und 24 Wildkaninchen die Angaben tabellarisch verwertet. Für die Technik war auch hier die Einfachheit maßgebend. Der Darm wurde von seinem Gekröse dicht an dessen Anheftungsstelle befreit und hängend am Zollstock gemessen. Je nach dem größeren oder geringeren Gewicht des Darminhalts wird auch die Darmwand stärker oder weniger stark gedehnt, und hier wird bei gleichem Körpergewicht das Tier mit voluminöserem Darminhalt etwas im Vorteil sein. Doch ist die möglicherweise so entstandene Differenz nicht so erheblich, daß sie bei der bedeutenden Gesamtdarmlänge wesentlich ins Gewicht fallen könnte. Ich gebe jedenfalls dieser Methode vor einer anderen, der zufolge der Darm auf einer Unterlage ausgebreitet und dann gemessen wird, den Vorzug, weil hier durch stärkeres oder geringeres Anziehen des

Darmes bei seinem Aufbringen auf die Unterlage gleiche oder vielleicht noch größere Differenzen entstehen können.

Von den einzelnen Darmabschnitten wurden in der Tabelle Dünn- und Dickdarm, mit Ausnahme des Blinddarmes, zusammengekommen. Dieser wurde allein aufgeführt gemäß der Sonderstellung, die er im Darmtractus einnimmt.

Bei Hauskaninchen ergab sich für die Länge von Dünn- und Dickdarm (exkl. Blinddarm) eine Durchschnittslänge von 5,44 m, beim Wildkaninchen eine solche von 4,5 m bei Berücksichtigung aller einwandfreien Tabellenangaben. Beim Hauskaninchen sind die Schwankungen bei den einzelnen Tieren erheblich. Die Tabellen zeigen Längen von 3,58—7,45 m, also eine Variationsbreite von nahezu 4 m, während das Wildkaninchen für diese beiden Darmabschnitte Größen von 3,67—5,21 m aufweist, gleich einer Differenz von ca. $1\frac{1}{2}$ m.

Vergleichstabelle 7 (s. Gesamttabelle IV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Körper- länge in cm	Dünn- + Dickdarm- länge in m	Körperlänge zur Länge von Dünn- + Dickdarm	Blind- darm- länge in cm	Blinddarm zur Körper- länge
1	W 16	♂	1686	46	4,47	1:9,72	54	1:1,15
2	W 23	♂	1715	49	5,21	1:10,63	50	1:1,02
3	W 35	♂	1715	50	4,57	1:8,96	51	1:1,00
4	W 34	♂	1720	49,5	4,51	1:9,3	48,5	1:1,00
5	W 31	♂	1730	48,5	4,52	1:9,15	54	1:1,11
6	W 36	♂	1735	48	4,39	1:9,15	48,5	1:1,01
7	W 15	♂	1750	47	4,65	1:9,89	48	1:1,02
8	W 28	♂	1750	48	4,47	1:9,88	52	1:1,08
Durchschnitt:				48	4,63	1:9,59	50,08	1:1,05

Vergleichstabelle 7a (s. Gesamttabelle IVa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	1661	46	3,67	1:8	43,0	1:0,94
2	H 90	♂	1694	46	3,58	1:7,28	38,0	1:0,83
3	H 82	♂	1747	45 $\frac{1}{2}$	4,01	1:8,81	41,0	1:0,90
4	H 43	♂	1765	48	4,33	1:9,02	43,5	1:0,91
5	H 42	♂	1775	48	4,15	1:8,65	40,0	1:0,83
6	H 47	♂	2062	49	4,27	1:9,63	43,5	1:0,89
Durchschnitt:				47	4,08	1:8,65	41,5	1:0,88

Gleichmäßigere Anforderungen an den Darm scheinen beim Wildkaninchen auch die größere Konstanz der Darmlänge herbeigeführt zu haben. Wesentlich andere Verhältnisse zeigt die Gegen-

überstellung gleichschwerer Tiere. Hier überragt das Wildkaninchen mit seiner Dünn- und Dickdarmlänge von 4,63 m die des zahmen Kaninchens um ca. $\frac{1}{2}$ m, so daß demzufolge beim Wildkaninchen der Darm $9\frac{1}{2}$ mal so lang ist wie die Körperlänge, beim zahmen dagegen nur $8\frac{1}{2}$ mal.

Auch der Blinddarm zeigt unter der gleichen Voraussetzung längere Maße beim Wildkaninchen. Wir erhalten ein Verhältnis von nahezu 5:4.

Wie wichtig die Heranziehung gleichgroßer Tiere zur Beurteilung der Domestikationsveränderungen ist, das lehrt ebenfalls diese Tabelle. Während der Gesamtdurchschnitt zeigt, daß beim Hauskaninchen der Darm 9,42mal länger ist als die Körperlänge und beim Wildkaninchen 9,43, erhalten wir bei gleichgroßen Tieren die Zahl von 8,65 für das Hauskaninchen und 9,59 für das Wildkaninchen und damit die Werte, die den tatsächlich vorliegenden Verhältnissen mehr Rechnung tragen. Ferner sehen wir, daß bei dem Gesamtdurchschnitt Körperlänge:Blinddarmlänge sich bei Wild- und zahmen Kaninchen annähernd wie 1:1 verhalten, daß aber die Aufstellung gleichgroßer Tiere für das Wildkaninchen das Verhältnis von 1:1,05 und für das zahme 1:0,88 zeigt, d. h. beim Wildkaninchen überschreitet die Länge des Blinddarms die des Körpers um 0,05, während sie beim zahmen Kaninchen um 0,12 darunter bleibt. Dies entspricht durchaus den Angaben über den Rauminhalt des Blinddarms, die einen Mehrinhalt gegenüber dem des Hauskaninchens von ca. 30 g erkennen lassen. Berücksichtigen wir hier noch, daß auch der Magen das im Verhältnis zu seinem Inhalt bedeutende Mehr von ca. 65 g beim Wildkaninchen aufweist, dann können wir die Tatsache feststellen, daß das Wildkaninchen einen erheblichen Teil mehr Nahrung in den beiden großen Reservoirs, Magen und Blinddarm, ansammeln und in seinem Energiehaushalt verwerten kann, für einen Energiehaushalt, der ja auch erheblich höheren Ansprüchen genügen muß. Hat dieser doch nicht nur die Ausgaben für Erhaltung und Produktion von Masse (Fett und Fleisch), sondern auch die enormen Leistungen an Bewegung und Wärmeproduktion, die das Wildleben mit sich bringt, zu bestreiten.

Wenn wir uns mit dem Energiehaushalt eines Tieres befassen, so kommen wir ohne weiteres auch darauf, den Motor im Innern des Tierkörpers, der all die umgearbeiteten Nährstoffe an ihren eigentlichen Verwendungsort schafft, das Herz, in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Schon die theoretische Erwägung müßte zu

dem Ergebnis führen, daß gemäß dem größeren Energieverbrauch auch dieses Organ beim Wildkaninchen eine Verstärkung seiner leistungsfähigen Masse, der Muskelfasern, erfahren hat. Auch bezüglich dieser Frage hat mich die Literatur fast ganz im Stich gelassen, insofern als ich Angaben über Herzgewichte einwandfrei erwachsener Kaninchen nicht nachweisen konnte. GERHARDT (3) erwähnt in seiner Monographie „das Kaninchen“: „GROBER hat nachgewiesen, daß bei wilden Kaninchen das Herzgewicht relativ größer ist als bei zahmen, und wiederum beim Hasen größer als beim wilden Kaninchen. Es hat sich nun herausgestellt, daß an dieser bedeutenderen Größe der linke, aber auch der rechte Ventrikel stark beteiligt ist. Nach GROBER kann diese Erscheinung nur auf einer chronischen Drucksteigerung im kleinen (Lungen-)Kreislauf beruhen, als deren Ursache er die Erweiterung der Lungenbläschen mit gleichzeitiger Kompression der Kapillaren bei angestrengtem Lauf ansieht.“

In den Tabellen, die diesen Angaben über relatives Herzgewicht zugrunde liegen, führt GROBER (5) 31 Hauskaninchen und nur 5 Wildkaninchen auf. Das relative Durchschnittsgewicht des Herzens beträgt bei diesen 31 Tieren 0,24 %, stimmt also mit dem in der Tabelle angegebenen von 0,23 % fast völlig überein. Ein bemerkenswerter Unterschied macht sich dagegen in den Durchschnittsprozentszahlen beim Wildkaninchen geltend. Tabelle V gibt ein Gewicht von 0,32 % an, während GROBER bei den 5 Wildtieren nur ein solches von 0,28 % feststellen konnte. Im Körpergewichte schwanken diese 5 Tiere von 935—1285 g, halten sich also erheblich unter dem aus Tabelle III ersichtlichen Körpergewichtsdurchschnitt.

Bei der Verwendung einer größeren Anzahl ausgewachsener Wildkaninchen würde sich das von GROBER gefundene relative Herzgewicht dem in Tabelle V angegebenen sicherlich mehr genähert haben.

Eingehend hat sich HESSE (7 u. 8) mit den Herzgewichten der Tiere beschäftigt und in einer vorläufigen Mitteilung darüber berichtet. Zahlreiche Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß die Wildtiere gegenüber ihrer domestizierten Form das höhere Herzgewicht aufwiesen.

Die von mir aufgeführten und in der Tabelle verwandten Untersuchungen über das Herzgewicht erstreckten sich auf 38 Wild- und 30 zahme Kaninchen. Einzelne Tiere wurden nicht in die Tabelle aufgenommen, sei es daß ihr Alter nicht feststand, sei es daß hoch-

gradige Abmagerung zu falschen Resultaten geführt hätte (s. Wildkaninchen No. 52 und W 11 stark abgemagert, beides Weibchen, die im September, nachdem sie sich von den Geburtsgeschäften noch nicht erholt hatten, gefangen worden waren). Wildkaninchen No. 75 war längere Zeit im Gehege gehalten worden und wurde deshalb ebenfalls nicht berücksichtigt. Von den Hauskaninchen fanden No. H 73, H 3 und H 72 keine Verwertung, No. 73, weil infolge Zahnfehlers stark abgemagert, No. H 3 und H 72, weil noch nicht ausgewachsen. No. H 3 wurde auf ca. 5 Monate und vielleicht jünger geschätzt, No. 72 war 4,5 Monate alt. Beide mithin jugendlichen Exemplare zeigen ein auffallend hohes Herzgewicht. Die Erklärung hierfür wird der erhöhte Stoffumsatz abgeben müssen, der die Zeit des Wachstums beherrscht, als Ausdruck der vermehrten Produktion. In der Technik hielt ich mich ganz an die von HESSE gemachten Angaben: der Herzbeutel wird entfernt, die Gefäße dicht am Ursprung bzw. der Einmündung abgeschnitten, das in den Herzkammern befindliche Blutgerinnsel durch Spülen und Auspressen entfernt und das Herz mit Fließpapier abgetupft. Zur Kontrolle wurden zu verschiedenen Malen nach dem Wägen die Kammern eröffnet, ohne daß eine Spur Blutgerinnsel noch vorgefunden wurde.

Die Herzgewichte gehen beim zahmen Kaninchen von 2,67 g hinauf bis 19,08 g. Dieses Ansteigen erfolgt mit ziemlicher Regelmäßigkeit. Eine nähere Zusammenstellung ergibt, daß pro 500 g Körpergewicht das Herzgewicht um annähernd 1 g steigt. Dieses Ansteigen läßt sich bis zum Körpergewicht von 5000 g feststellen, von hier an reicht das Material nicht aus, um die weiteren Verhältnisse zu übersehen.

Vergleichstabelle 8a (s. Gesamttabelle Va).

Körpergewicht	Herzgewicht	Durchschnitt
1500	$\left\{ \begin{array}{l} 3,4 \\ 3,58 \\ 3,93 \end{array} \right\}$	3,64
2000	$\left\{ \begin{array}{l} 4,9 \\ 4,42 \\ 5,26 \end{array} \right\}$	4,86
2500	$\left\{ \begin{array}{l} 6,26 \\ 5,73 \\ 5,6 \end{array} \right\}$	5,83
3000	$\left\{ \begin{array}{l} 6,44 \\ 7,8 \end{array} \right\}$	7,12
3500	8,55	8,55
4000	9,44	9,44
4500	11,07	11,07
5000	$\left\{ \begin{array}{l} 12,3 \\ 11,8 \end{array} \right\}$	12,05

Diese Regelmäßigkeit findet auch ihren Ausdruck in der Rubrik, die das Prozentgewicht des Herzens, berechnet auf das Körpergewicht, angibt. Wir erhalten hier ein Durchschnittsgewicht von 0,23 % beim Hauskaninchen, das sich mit nur geringen Abweichungen bei den einzelnen Tieren sehr gleichmäßig hält. Während wir bei den domestizierten Kaninchen nur Schwankungen bis zu 0,05 % feststellen können, erreichen diese bei den Wildkaninchen solche bis zu 0,14 %.

Schon die Gesamttabelle aller verwandten Tiere zeigt ein bedeutendes Übergewicht des Wildkaninchens hinsichtlich seines prozentuellen Herzgewichtes. Dem des Hauskaninchens von 0,23 % steht dasjenige des Wildtieres mit 0,32 % gegenüber. Bezüglich des prozentualen Herzgewichtes ergibt die Gegenüberstellung gleichgroßer Tiere entsprechend der gleichmäßigen Herzgewichtszunahme ähnliche Verhältnisse. Einem Prozentgewicht von 0,23 % beim Hauskaninchen entspricht ein solches von 0,31 % bei seiner wilden Stammform.

Vergleichstabelle 9 (s. Gesamttabelle V).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Herzgewicht in g	Körpergewicht in g	Herzgewicht in %
1	W 16	♂	5,09	1686	0,30
2	W 35	♂	5,98	1715	0,35
3	W 23	♂	5,02	1715	0,29
4	W 34	♂	6,96	1720	0,40
5	W 31	♂	5,51	1730	0,32
6	W 2	♂	4,47	1738	0,26
7	W 15	♂	5,10	1750	0,29
8	W 28	♂	5,40	1750	0,31
9	W 17	♂	5,55	1797	0,31
Durchschnitt:			5,45	—	0,31

Vergleichstabelle 9a (s. Gesamttabelle Va).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	3,58	1661	0,22
2	H 90	♂	3,93	1694	0,23
3	H 7	♂	4,24	1723	0,25
4	H 82	♂	3,82	1747	0,22
5	H 43	♂	3,7	1765	0,21
6	H 42	♂	4,04	1775	0,23
7	H 32	♂	4,9	1880	0,26
Durchschnitt:			4,03	—	0,23

Nehmen wir zur weiteren Beleuchtung dieser Frage das absolute Herzgewicht bei gleichgroßen Tieren, so zeigt sich, wie außerordentlich das Wildleben auf das Gewicht des Herzmuskels und damit, das dürfen wir in vorliegendem Falle ohne Gefahr annehmen, auf seine Leistungsfähigkeit eingewirkt hat. Beim zahmen Kaninchen gibt die Aufstellung einen Durchschnitt von 4,03 g und für das Wildkaninchen einen solchen von 5,45 g an.

Rund gerechnet steht also einem Herzgewicht von 4 g ein solches von 5,5 g beim Wildkaninchen gegenüber, das bei dem geringen Gewicht des betreffenden Organs gewaltige Mehrgewicht von $1,5 \text{ g} = 37,5 \%$.

Tabelle 10.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Rasse	Körpergewicht in g	Alter in Monaten	Gewicht von				
						Hoden	Milz	Leber	Nieren	Uterus
1	W 74	♂	—	940	ca. 4—5	—	0,37	27,7	6,2	—
2	W 75	♂	—	1409	ca. 7	—	0,68	54	8,2	—
3	W 88	♂	—	1437	} ausge- wachs.	3,9	0,49	49,2	10,78	—
4	W 85	♂	—	1477		—	0,56	53,8	10,37	1,7
5	W 84	♂	—	1522		—	0,99	37	7	0,98
6	W 83	♂	—	1580		—	—	40,7	10,28	—

Tabelle 10a.

Hauskaninchen.

1	H 73 ¹⁾	♂	Hermelin	1240	19	—	0,84	45	9	—
2	H 89	♂	"	1661	6½	—	0,9	55	9,26	1,58
3	H 90	♂	"	1694	7	6,6	—	88	11,3	—
4	H 82	♂	"	1747	6½	—	1,2	79	10,61	—
5	H 57	♂	"	2216	18	—	—	185	14,2	11,5
6	H 86 ²⁾	♂	"	2345	6¼	—	1,82	91	14,1	47,5
7	H 68	♂	"	2380	9½	—	1,4	89	11,6	4,7
8	H 81	♂	} Hermelin × franz. Widder	2695	9½	9,7	—	71	15,8	—
6	H 87 ³⁾	♂		2877	10	—	1,84	90,5	14,77	21,6
10	H 72	♂	belg. Riesen	3110	4½	—	1,14	143	20,8	—
11	H 58	♂	franz. Widder	4868	17	—	—	189	28	22
12	H 79	♂	belg. Riesen	5015	6	—	—	162,5	24,3	34,5
13	H 60	♂	"	6480	12	20,2	—	—	—	—

Eine Wägung der übrigen Körperorgane wurde nur gelegentlich vorgenommen. In den eigentlichen Plan der Arbeit war sie

- 1) Stark abgemagert infolge Zahnfehlers.
- 2) 29 Tage trächtig gegangen, Uterus mit 7 Föten 293 g.
- 3) 9 Tage trächtig gegangen.

nicht aufgenommen worden, da die durch wechselnden Blutgehalt bedingten Fehlerquellen zu erheblich schienen.

Wenn ich trotzdem die wenigen Angaben kurz zusammenstelle, so tue ich es nur, um einen Anhalt für das Gewicht dieser Organe zu geben. Vielleicht lassen sie sich in anderem Zusammenhange einmal verwerten.

Für vorliegende Betrachtung ist vielleicht eine Zusammenstellung allerdings nur weniger Tiere annähernd gleichen Gewichts nicht ohne Interesse.

Vergleichstabelle 11 (s. Gesamttabelle X).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Leber	Nieren	Milz	Hoden
1	W 88	♂	1437	49,2	10,78	0,49	3,9
2	W 85		1477	53,8	10,37	0,56	—
3	W 84		1522	37	7,0	0,99	—
4	W 83		1580	40,7	10,28	—	—
Durchschnitt:				45,2	9,6	0,68	

Vergleichstabelle 11a (s. Gesamttabelle Xa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	1661	55	9,26	0,9	—
2	H 90		1694	88	11,3	—	6,6
3	H 82		1747	79	10,61	1,2	—
Durchschnitt:				74	10,39	1,05	

Es erübrigt sich, aus diesen wenigen Angaben Schlüsse ziehen zu wollen. Was die Rubrik Hoden anlangt, so möchte ich aber dazu noch erwähnen, daß beide Tiere im Dezember getötet worden sind, also zu einer Zeit, wo die Rammelzeit für das Wildkaninchen längst beendet war. Das zahme Kaninchen wird nun fast das ganze Jahr hindurch zum Decken benutzt. Vielleicht erklären sich hieraus die Differenzen von 2,7 g, selbst wenn wir berücksichtigen, daß das zahme Kaninchen 250 g schwerer ist.

Inwieweit diese Unterschiede konstant auftreten und sich auch an anderen Körperorganen, die in vorliegender Arbeit keine Berücksichtigung fanden, nachweisen lassen, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Aussichtsreicher schien eine Untersuchung darüber, ob die Skelet-

muskulatur, an die ja bei Wildtieren erheblich größere und andersartige Anforderungen gestellt werden, größere Abweichungen aufweist. Diesen Verhältnissen nachzugehen, zu ermitteln, welche Muskeln im besonderen Verschiedenheiten zeigen und innerhalb welcher Grenzen, das sollte mit ein Hauptkapitel der Untersuchung darstellen.

Das Wildkaninchen lebt in ständiger Fluchtbereitschaft. Schnelligkeit und das Vermögen, kurze, kraftvolle Wendungen und Kreuzsprünge auszuführen, helfen ihm, seinen vielen Feinden zu entgehen, eine Fähigkeit, die nur durch die Gelegenheit, in der freien Natur die Muskeln in dauerndem Training zu halten, erworben ist.

Ein großer Teil der Muskeln der Vordergliedmaße wird zur Grabarbeit herangezogen und erhält dadurch seine besondere Ausbildung, die sich wiederum auch metrisch bemerkbar machen wird.

Dies alles führt dazu, bei den Muskeln, die hauptsächlich für die Fortbewegung in Betracht kommen, und dann bei denjenigen, die das Graben ermöglichen, die bedeutendsten Verschiedenheiten im Vergleich zu denjenigen der zahmen Verwandten zu vermuten. Die ganze Schubkraft, die ganze Quelle der Kraft für eine ergiebige Vorwärtsbewegung liegt in der Hüft- und Oberschenkelmuskulatur, während an der Grabtätigkeit hauptsächlich die Muskeln der Vordergliedmaße beteiligt sind.

Dementsprechend wurden die verschiedensten Muskeln der Hinter- bzw. der Vorhand präpariert, teils der einzelne Muskel, teils auch mehrere zusammengehörige, wenn entweder die Abgrenzung hierdurch sicherer wurde oder das allzu niedrige Gewicht des einzelnen Muskels die Unterschiede nicht genügend markiert hätte. Die Isolierung der Muskeln bot im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Wo eine künstliche Trennung auf kleine Strecken hat vorgenommen werden müssen, ist dies im Text bei der betreffenden Muskelgruppe besonders erwähnt. Wo nicht anders angegeben, wurden die Sehnen kurz nach ihrem Austritt aus dem betreffenden Muskelbündel abgeschnitten. Da in dieser Rubrik nur der tätige Muskel Aufnahme finden sollte, so wurden Fett, Blutgefäße, Nervenstränge usw. nach Möglichkeit entfernt.

Als Führer diente bei der Präparation der Muskeln die ausgezeichnete Monographie GERHARDT's (3) „Das Kaninchen“, der auch die Muskelbezeichnungen entnommen sind.

An der Vorderextremität wurden bei der Mehrzahl der Tiere folgende 5 Muskeln bzw. Muskelgruppen präpariert: *M. latissimus*

Vergleichstabelle 12 (s. Gesamttabelle VI).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht des M. latissimus dorsi in g	Gewicht in %
1	W 9	♂	} ausge- wachsen	1475,5	4,16	0,28
2	W 10	♂		1489,5	4,39	0,30
				Durchschnitt: 4,28	0,29	

Versuchstabelle 12a (s. Gesamttabelle VIa).

Hauskaninchen.

1	H 4	♂	—	1500,2	4,07	0,27
2	H 5	♂	—	1512	3,62	0,24
3	H 7	♂	—	1723	3,77	0,22
				Durchschnitt:	3,82	0,24

Vergleichstabelle 13 (s. Gesamttabelle VII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gewicht des M. serratus anterior in g	Gewicht in %
1	W 9	♂	1475,5	5,87	0,40
2	W 85		1477	4,80	0,33
3	W 10		1489,5	5,45	0,37
4	W 16		1686	7,53	0,45
Durchschnitt:				5,91	0,39

Vergleichstabelle 13a (s. Gesamttabelle VIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	1661	4,97	0,36
2	H 90	♂	1694	5,2	0,31
3	H 7	♂	1723	4,83	0,28
4	H 82	♂	1747	5,0	0,29
Durchschnitt:				5,0	0,3

dorsi, M. serratus anterior, Mm. pectoralis et deltoideus, Mm. biceps et brachialis, Mm. anconaei.

Ein geringes Übergewicht besitzt der M. latissimus dorsi, der Rückwärts- und Aufwärtszieher der Vordergliedmaße, beim Wildkaninchen. Der Gesamtdurchschnitt ergibt beim Hauskaninchen einen Prozentwert von 0,27, beim Wildkaninchen von 0,31, während

sich die Werte bei annähernd gleichgroßen Tieren verhalten wie 0,24:0,29 und die absoluten Gewichtswerte wie 3,82:4,28 g, mithin ein Übergewicht von 12 % erkennen lassen.

Markanter sind die Unterschiede, die der *M. serratus anterior* ergibt, der Muskel, der das Schulterblatt nach unten zieht. Der Gesamtdurchschnitt zeigt einen Wert von 0,34 %, bezogen auf das Körpergewicht beim Hauskaninchen, und einen solchen von 0,39 % bei seiner wilden Stammform. Stellen wir gleichgewichtige Tiere einander gegenüber, so erhalten wir beim Wildkaninchen für den *M. serratus anterior* ein absolutes Durchschnittsgewicht von 5,91 g und beim Hauskaninchen von 5,0 g, demnach ein Mehr von fast 20 % (genau 18,2 %) beim Wildkaninchen. Auf 100 g Körpergewicht entfallen 0,3 bzw. 0,39 g Muskelmasse. Eine bedeutend geringere Überlegenheit zeigt die Gruppe der *Mm. pectorales*—*M. pectoralis maior*, *M. pectoralis superficialis* und *M. pectoralis minor*. Zu diesen wurde noch der *M. deltoideus* hinzugenommen, der als Fortsetzung des *M. pectoralis minor* die Brustmuskeln in ihrer Wirkung, der Heranziehung der Vordergliedmaße an den Brustkorb, noch unterstützt.

Vergleichstabelle 14 (s. Gesamttabelle VIII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht von Mm. pecto- rales—del- toideus in g	Gewicht in %
1	W 9	+ +	} ausge- wachsen	1475,5	10,38	0,70
2	W 85	+ +		1477	8,72	0,59
3	W 10	+ +		1489,5	9,79	0,66
4	W 84	+ +		1522	10,28	0,68
5	W 83	+ +		1580	11,13	0,70
				Durchschnitt:	10,48	0,68

Vergleichstabelle 14a (s. Gesamttabelle VIIIa).

Hauskaninchen.

1	H 5	+ +	ca. 6	1512	9,29	0,61
2	H 89	+ +	6 1/2	1661	10,14	0,61
3	H 90	+ +	7	1694	10,88	0,64
4	H 82	+ +	6 1/2	1747	10,32	0,59
				Durchschnitt:	10,16	0,61

Die Einschränkung der Grabtätigkeit beim Hauskaninchen scheint auf diese Muskeln weniger eingewirkt zu haben, als man vielleicht erwarten sollte. Der Gesamtdurchschnitt der Tiere ergibt, bezogen

auf das Körpergewicht, den Wert von 0,61 %. Diese Zahl würde sich der bei den Wildkaninchen gefundenen von 0,68 % noch etwas nähern, wenn man das im Verhältnis außergewöhnliche Muskelgewicht von No. H 4 außer Berechnung ließe. Der noch niedrigere Wert von No. H 6 wurde nicht mit in die Aufstellung hineingezogen.

Auch die Zusammenstellung gleichgroßer Tiere ergibt keinen wesentlichen Unterschied im absoluten Durchschnittsgewicht. Wir erhalten unter diesen Voraussetzungen ein Gewicht von 10,48 g und beim Hauskaninchen das annähernd gleiche von 10,16 g. Wir können also hier nur ein Mehrgewicht von 3,15 % für das Wildkaninchen verzeichnen.

Bei einzelnen Exemplaren wurden auch noch die *Mm. teres maior* und *minor* (Tabelle IX) sowie die (in der Tabelle X aufgeführten) *Mm. supra-* und *infraspinatus* gewichtsmäßig bestimmt. Zum Vergleich fehlen die Angaben über gleichgroße Tiere. Deshalb läßt sich hier nur prozentual ein Überblick gewinnen, aus dem auch hier, besonders beim *supra-* und *infraspinatus*, ein Übergewicht des Wildkaninchens ersichtlich wird, das sich auch nach Erfüllung der oben vermißten Bedingungen bestätigen dürfte. Nach Entfernung der *Mm. serrati*, *rhomboideus*, *basio-humeralis* und *cleidomastoideus* wurde vereinzelt auch das Gewicht der gesamten Vordergliedmaße festgestellt, das sich am Gesamtgewicht beim Wildkaninchen mit 3,8 %, beim Hauskaninchen mit 3,02 % beteiligt (Tabelle XI). Doch liegen, wie die Tabellen zeigen, den Angaben über das Hauskaninchen Tiere mit höherem Gewicht, als es Wildkaninchen zeigen, zugrunde. Dies dürfte aber in diesem Falle das Gesamtergebnis wenig beeinflussen.

Im Vergleich zu den Brustmuskeln erhalten wir bei den Beugern des Unterarmes, den *Mm. biceps* und *brachialis*, größere Unterschiede. Das Durchschnittsgewicht beträgt beim Wildkaninchen pro Mille Körpergewicht 1,4 und beim Hauskaninchen 1,21. Nur wenig verschiebt sich dieses Verhältnis, wenn wir gleichgroße Tiere heranziehen. Es erhöht sich beim Wildkaninchen um 0,04 % und beim Hauskaninchen um 0,03 %, ein Umstand, den die Tabelle XIIa mit ihrer ziemlich gleichmäßigen Steigerung des Muskelgewichts bei wachsendem Körpergewicht erklärt. Das absolute Durchschnittsgewicht bei Tieren annähernd gleicher Größe ergibt 2,26 g beim wilden und 2,11 g beim zahmen Kaninchen, also ein Mehr von 0,15 g = 7,1 %.

Ein ganz erhebliches Teil Muskelmasse mehr fällt beim Vergleich der *Mm. anconaei* dem Wildkaninchen zu. Stellen wir das

Vergleichstabelle 15 (s. Gesamttabelle XII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter	Körper- gewicht in g	Gewicht von M. biceps + M. brachialis	Gewicht in %
1	W 10	♂ + ♂ + ♂ + ♂	} ausge- wachsen	1489,5	2,15	1,44
2	W 84			1522	2,40	1,58
3	W 83			1580	2,17	1,37
4	W 12			1686	2,32	1,38
				Durchschnitt:	2,26	1,44

Vergleichstabelle 15a (s. Gesamttabelle XII a).

Hauskaninchen.

1	H 89	+ ♂ + ♂	} ausge- wachsen	1661	2,05	1,23
2	H 90			1694	2,15	1,27
3	H 82			1747	2,13	1,22
				Durchschnitt:	2,11	1,24

Vergleichstabelle 16 (s. Gesamttabelle XIII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gewicht der Mm. anconaei in g	Gewicht in %
1	W 9	♂ + ♂ + ♂ + ♂ + ♂ + ♂	1475,5	9,22	0,63
2	W 85		1477	8,41	0,57
3	W 10		1489,5	8,76	0,59
4	W 84		1522	10,58	0,70
5	W 83		1580	10,14	0,64
6	W 16		1686	9,87	0,59
Durchschnitt:				9,5	0,62

Vergleichstabelle 16a (s. Gesamttabelle XIII a).

Hauskaninchen.

1	H 5	♂ + ♂ + ♂ + ♂ + ♂	1512	8,95	0,59
2	H 89		1661	8,69	0,52
3	H 90		1694	8,83	0,52
4	E 7		1723	7,71	0,45
5	H 82		1747	8,78	0,50
			Durchschnitt:	8,59	0,52

absolute Gewicht dieser 5 Strecker des Unterarmes bei gleichgroßen Tieren zusammen, so erhalten wir beim Wildkaninchen ein Gewicht von 9,5 g und bei der domestizierten Form von 8,59 g, ein Mehr also von nicht ganz 1 g.

Das Prozentgewicht dieser Muskelmasse beläuft sich bei dem Durchschnitt aus allen Tieren, mit Ausnahme von 1 wegen Abmagerung und 2 und 3 als wahrscheinlich unter 6 Monate alt, auf 0,51 beim Hauskaninchen, dem ein Gewicht von 0,61 % beim Wildtier gegenübersteht. Dem gleichmäßigen Ansteigen der Muskeln bei steigendem Körpergewicht entspricht das fast gleiche Resultat von 0,51 % bei gleichgroßen Haus- und 0,61 % bei entsprechenden Wildkaninchen.

Diese doch großen Unterschiede finden ihre Erklärung in der Funktion der betreffenden Muskeln. Sie spielen als Strecker des Unterarmes eine große, wenn nicht die Hauptrolle bei der Grabarbeit und Fortbewegung (Feststellung der Gliedmaße vom Ellenbogengelenk ab).

Für die Strecker bzw. Beuger am Unterarm — Beuger und Strecker des Fußes — stehen mir leider nur zwei Aufzeichnungen von gleichgroßen Tieren zur Verfügung, die ich aber doch kurz anführen möchte, da hier ein etwas geringeres absolutes Gewicht der Beuger und ein Mehrgewicht der Strecker beim Wildkaninchen zutage tritt. Dies würde vielleicht dafür sprechen, wenn sich das Resultat durch ein reichlicheres Material bestätigen sollte, daß beim Kaninchen nicht so sehr die Grab- als vielmehr die Fortbewegungstätigkeit die Muskeln beeinflusst.

Vergleichstabelle 17.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Gewicht der Beuger in g	Gewicht der Strecker in g	Verhältnis Strecker zu Beuger
1	W 84	♂	1522	3,17	—	—
2	W 85	♂	1777	2,84	1,85	1:1,54
3	W 88	♂	1437	2,66	2,07	1:1,28

Vergleichstabelle 17a.

Hauskaninchen.

1	H 86	♂	2345	3,82	2,13	—
2	H 87	♂	2877	4,7	2,6	—
3	H 89	♂	1661	3,04	1,62	1:1,88
4	H 90	♂	1694	2,98	1,6	1:1,81

Ähnliche Verhältnisse in den Muskelgewichten wie bei der Vordergliedmaße liegen bei denen der hinteren Extremität vor. Wir können auch hier durchschnittlich ein Überwiegen des Muskelgewichts beim Wildkaninchen innerhalb der Grenzen von 3 bis ungefähr 20 % feststellen. Eine Ausnahme macht allein der *M. flexor digit. communis* in Verbindung mit dem *M. popliteus* und den 4 *M. peronaei*. Dies sind die einzigen der untersuchten Muskeln, die beim Hauskaninchen stärker entwickelt sind und zwar um ca. 10 %.

Vergleichstabelle 18 (s. Gesamttabelle XIV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter	Körper- gewicht in g	Gewicht von M. gracilis + M. sartorius in g	Gewicht in %
1	W 88	♂	} ausge- wachsen	1437	2,63	0,18
2	W 9			1475,5	3,71	0,25
3	W 85			1477	2,31	0,16
4	W 10			1489,5	3,11	0,21
5	W 16			1686	3,86	0,23
				Durchschnitt:	3,12	0,21

Vergleichstabelle 18a (s. Gesamttabelle XIV a).

Hauskaninchen.

1	H 5	♂	ca. 6	1513	2,79	0,18
2	H 89	♀	6½	1661	3,32	0,20
3	H 90	♂	7	1694	2,96	0,18
4	H 7	♀	ca. 6	1723	2,77	0,16
5	H 82	♂	6½	1747	3,25	0,19
				Durchschnitt:	3,02	0,18

Im einzelnen gestalten sich die Werte für die Muskelgruppen folgendermaßen: der die Innenseite des Oberschenkels teilweise überziehende *M. gracilis* zeigt in Verbindung mit dem ihm anliegenden *M. sartorius* beim Wildkaninchen ein absolutes Durchschnittsgewicht von 3,12 g. bei Tieren, die in ihrem Körpergewicht annähernd dem von kleinen Rassen unserer Hauskaninchen entsprechen. Diese wieder ergeben das nicht große Mindergewicht von 0,1 g. eine Differenz, die innerhalb der Fehlergrenze liegt und keineswegs berechtigt, von einem wirklichen Unterschied zu sprechen, aber in Verbindung mit den Gewichtsergebnissen anderer Muskeln einigen Wert hat. Prozentual ist das Gewicht von *Mm. gracilis* und *sartorius* am Körpergewicht beteiligt mit 0,17 % beim Hauskaninchen, wenn

wir Tiere jedweder Größe vereinigen, und beim Wildkaninchen mit 0,22 %. Der niedere Prozentsatz bei der domestizierten Form wird größtenteils durch die Abnahme des Prozentgewichts mit steigender Körpergröße herbeigeführt, das sich bei den schwersten Tieren unter dem Durchschnitt hält.

In die Augen fallende Unterschiede erhalten wir in der Tabelle, die die Werte für die *Mm. adductores*, von denen GERHARDT 3 unterscheidet, und den *M. pectineus*, der diesen dicht anliegt, enthält. Sie wirken in Verbindung mit den *Mm. gracilis* und *sartorius* als Einwärtszieher und stellen gemäß ihrer Bedeutung für die Fortbewegung eine bedeutende Muskelmasse dar. Vielleicht wäre es zweckentsprechender gewesen, die *Mm. gracilis* und *sartorius* bei der Präparation mit diesen Muskeln gemeinsam zu behandeln und zu verwiegen. Doch würden wir dadurch keine anderen Resultate erhalten haben, da ja das Gewicht dieser beiden in Vergleich zu dem übrigen Muskelpaket nicht erheblich ist. Es wirkt deswegen kaum überraschend, wenn wir hier ein Mehrgewicht von fast 2 g feststellen können bei Zusammenstellung annähernd gleichgroßer Tiere und einem absoluten Durchschnittsgewicht von 21,88 g beim zahmen und 23,57 g beim wilden Kaninchen. Unter denselben Voraussetzungen stellt sich die prozentuale Beteiligung am Körpergewicht beim Wildkaninchen auf 1,55 und bei seinem Verwandten auf 1,29.

Vergleichstabelle 19 (s. Gesamttabelle XV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Körpergewicht in g	Gewicht von <i>Mm. adductores</i> + <i>pectineus</i> in g	Gewicht in %
1	W 9	1475,5	24,59	1,67
2	W 85	1477	25,87	1,75
3	W 10	1489,5	20,12	1,35
4	W 16	1686	23,77	1,41
		Durchschnitt:	23,57	1,55

Vergleichstabelle 19a (s. Gesamttabelle XV a).

Hauskaninchen.

1	H 89	1661	20,60	1,36
2	H 90	1694	22,71	1,34
3	H 7	1723	20,33	1,18
		Durchschnitt:	21,88	1,29

Die nun folgenden Muskelgruppen bieten einige Schwierigkeiten hinsichtlich der Trennung, da sie teilweise sehr innig miteinander verbunden sind. Bei der Isolierung der Muskelpakete — Mm. tensor fasciae latae und quadriceps einerseits und Mm. glutaei andererseits — mußte daher auf eine kleine Strecke eine künstliche Trennung herbeigeführt werden. GERHARDT sagt über die Präparation dieser Muskeln: „Der M. glut. med. und vor allem der rectus femoris, ein Oberschenkelmuskel und späterhin auch der glut. maximus sind mit dem tensor fasc. lat. fest verbunden, so daß seine isolierte Darstellung immer eine mehr oder minder künstliche und gewaltsame Trennung voraussetzt.“

Das Gesamtgewicht all dieser Muskeln zu nehmen, ging jedoch nicht an, da bei ihrer verschiedenen Funktion auch mit einem verschiedenen Anwachsen der Muskelemente gerechnet werden mußte. Es mußte daher die wenn auch geringe Fehlerquelle, die sich aus einer künstlichen Trennung ergibt, ein gleichmäßiges Verfahren natürlich vorausgesetzt, in Kauf genommen werden.

Vergleichstabelle 20 (s. Gesamttabelle XVI).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. glutaei in g	Gewicht in %
1	W 9	1475	11,31	0,77
2	W 10	1490	9,68	0,65
3	W 16	1686	11,93	0,71
		Durchschnitt:	10,97	0,71

Vergleichstabelle 20a (s. Gesamttabelle XVIa).

Hauskaninchen.

1	H 5	1512	11,34	0,75
2	H 7	1723	9,94	0,58
3	H 47	2062	11,75	0,57
		Durchschnitt:	11,01	0,63

Die Mm. glutaei, die Kruppenmuskeln, die das Becken herabziehen und die dauernde Kniebeuge gestatten, in ihrer weiteren Funktion das Anheben der Körperlast zur Aufgabe haben, zeigen in ihrem absoluten Gewicht bei annähernd gleichgroßen Tieren keine Verschiedenheit. Es muß aber hierbei betont werden, daß das Material an zahmen Kaninchen in dieser Tabelle ungenügend ist,

da einerseits No. H 5 als zu jung angesehen werden kann — daher das hohe Gewicht — und andererseits No. H 47 als zu schwer ausscheiden müßte. Gleichgroße und einwandfreie Tiere vorausgesetzt, würde sich auch hier mit Wahrscheinlichkeit ein größeres absolutes Muskelgewicht beim Wildkaninchen ergeben. Im prozentualen Verhältnis läßt sich eine Überlegenheit dieser Muskeln beim Wildkaninchen ohne weiteres feststellen, eine Stütze obiger Annahme. Der Durchschnitt aller Tiere zeigt ein relatives Gewicht von 0,74 % beim Wildkaninchen und 0,64 % beim zahmen Kaninchen.

Vergleichstabelle 21 (s. Gesamttabelle XVII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht von Mm. tensor fasciae latae + quadriceps in g	Gewicht in %
1	W 9	♂+♀	} ausge- wachsen	1475,5	28,29	1,92
2	W 10	♂		1489,5	25,92	1,74
3	W 16	♂		1686	28,83	1,71
Durchschnitt:					27,68	1,79

Vergleichstabelle 21a (s. Gesamttabelle XVIIa).

Hauskaninchen.

1	H 5	♂+♀	ca. 6	1512	23,03	1,52
2	H 7	♂	ca. 6	1723	23,58	1,37
3	H 47	♀	13	2062	27,0	1,31
Durchschnitt: 24,54						1,40

Deutlicher tritt das Übergewicht der Kniescheibenstrecker, denen der mit ihnen eng verbundene M. tensor fasciae latae hinzugerechnet wurde, zutage. Bei etwa gleichschweren Tieren, wobei auch hier die oben gemachten Beanstandungen hinsichtlich des Materials an zahmen Kaninchen gemacht werden müssen, erhalten wir beim Wildkaninchen ein absolutes Mehrgewicht von etwas über 12,5 %. Das relative Verhältnis, immer in bezug auf das Körpergewicht, stellt sich auf 1,40 % bzw. beim Wildkaninchen auf 1,79 %. Nur wenig enger ist das Verhältnis, wenn wir alle Tiere in Betracht ziehen, nämlich 1,43 und 1,71 %.

Gut abgegrenzt und leicht zu isolieren sind die langen Kruppenmuskeln: biceps, semimembranosus und semitendinosus, die auch beim Kaninchen eine ansehnliche Muskelmasse darstellen. Zu er-

wähnen ist die eigentümliche Lagerung des *M. semitendinosus*, der als fast drehrunder, roter Muskelbauch vollständig von der Masse des bedeutend heller gefärbten *M. adductor magnus* umgeben ist.

Vergleichstabelle 22 (s. Gesamttabelle XVIII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht von Mm. biceps, semi- membranosus und semitendinosus in g	Gewicht in %
1	W 9	♂	} ausge- wachsen	1475,5	32,37	2,19
2	W 85	♂ + ♀		1477	25,87	1,75
3	W 10	♂		1489,5	28,06	1,88
4	W 84	♂		1522	30,58	2,01
5	W 83	♂ + ♀		1580	36,5	2,31
6	W 16	♂		1686	31,94	1,89
				Durchschnitt:	30,89	2,01

Vergleichstabelle 22a (s. Gesamttabelle XVIIIa).

Hauskaninchen.

1	H 5	♂+♀+♂+♀	ca. 6	1512	28,08	1,86
2	H 89		6½	1661	29,18	1,76
3	H 90		7	1694	27,20	1,61
4	H 7		ca. 6	1723	27,6	1,60
5	H 82		6½	1747	28,75	1,65
				Durchschnitt:	28,16	1,70

Als absolutes Gewicht dieser Muskelgruppe weist Tabelle 22 bei gleichgroßen Tieren das von 28,16 g beim zahmen und 30,89 g beim Wildkaninchen auf, ein Mehr von rund 10 %. Vergleichen wir die entsprechenden relativen Angaben, so zeigt sich der Wert von 2,01 %, dem beim Hauskaninchen gefundenen von 1,70 % überlegen. Vergleichen wir wiederum alle relativen Durchschnittszahlen, so erhalten wir hier in 1,66:1,94 % ein etwas niedrigeres, aber gleichmäßiges Verhältnis.

Ausgeglichene Werte zeigen sich auch bei Betrachtung der Gewichte der Wadenmuskeln: *M. triceps surae*, der sich aus *gastrocnemius med., lat.* und *soleus* zusammensetzt, und *M. plantaris*. Die Verschiedenheiten beim wilden und zahmen gleichgroßen Kaninchen sind nicht erheblich und auf ca. 6 % berechnet aus dem absoluten Gewicht von 10,36 g beim Wild- und 9,76 g beim zahmen Tier.

Vergleichstabelle 23 (s. Gesamttabelle XIX).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gewicht von Mm. triceps surae + plantaris in g	Gewicht in %
1	W 85	+♂ + ♀ + ♂	1477	9,46	0,64
2	W 10		1489,5	9,17	0,62
3	W 84		1522	10,50	0,69
4	W 83		1580	12,30	0,78
			Durchschnitt: 10,36		0,68

Vergleichstabelle 23a (s. Gesamttabelle XIXa).

Hauskaninchen.

1	H 5	+♂ ♂ + ♂ + ♂	1512	9,22	0,61
2	H 89		1661	10,0	0,62
3	H 90		1694	9,6	0,57
4	H 7		1723	9,57	0,56
5	H 82		1747	10,4	0,60
			Durchschnitt:	9,76	0,59

Das relative Gewicht zeigt die Angabe von 0,68 % beim Wildkaninchen und 0,59 % bei seiner domestizierten Form. Der Vergleich der relativen Durchschnittsgewichte aller Tiere zeigt fast die gleichen Resultate, nämlich 0,67 : 0,58 %.

Vergleichstabelle 24 (s. Gesamttabelle XX).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht von Mm. ext. digit. comm. + tibialis anterior in g	Gewicht in %
1	W 88	♂ + ♂ + ♂	} ausge- wachsen	1437	2,89	0,20
2	W 9			1475,5	3,33	0,23
3	W 85			1477	2,90	0,20
4	W 10			1489,5	3,07	0,21
				Durchschnitt:	3,05	0,22

Vergleichstabelle 24a (s. Gesamttabelle XXa).

Hauskaninchen.

1	H 5	+♂ ♂ + ♂	ca. 6	1512	3,07	0,20
2	H 89		6 $\frac{1}{2}$	1661	3,04	0,18
3	H 90		7	1694	3,01	0,18
4	H 82		6 $\frac{1}{2}$	1747	3,12	0,18
Durchschnitt:					3,06	0,19

Fußbeuger (*M. tibialis anterior*) und Zehenstrecker (*M. extensor digit. comm.*) wurden gemeinsam gewogen. 3,05 g beträgt für sie das absolute Gewicht beim Wild-, 3,06 g beim zahmen Kaninchen. Die größere Differenz in dem relativen Verhältnis von 0,22% bei Wildkaninchen und 0,19% bei seinem Abkömmling findet ihre Erklärung in dem um annähernd 200 g höheren Körpergewicht der zahmen Tiere. Das relative Durchschnittsgewicht aller Tiere wird ersichtlich aus den Zahlen 0,21 : 0,17%.

10% schwerer sind die *Mm. flexor digit. comm., popliteus* und *peronaei* beim zahmen Kaninchen. Einem Gewicht von 4,36 g beim Hauskaninchen steht ein solches von 3,96% beim Wildkaninchen gegenüber, gleichgroße Tiere vorausgesetzt. Doch ist zu berücksichtigen, daß die zahmen Tiere um durchschnittlich 200 g schwerer sind, was sich auch ausspricht in den relativen Zahlenangaben, die bei beiden Tieren fast gleich sind, nämlich 0,26% beim zahmen und 0,27% beim wilden Kaninchen. Diese Angaben schränken also den Wert der oben angegebenen Überlegenheit des Hauskaninchens erheblich ein.

Vergleichstabelle 25 (s. Gesamttabelle XXI).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	M. flexor dig. comm. poplit. + M. peronaei in g	Gewicht in %
1	W 88	♂ + ♀ + ♂ + ♀	} ausge- wachsen	1437	3,88	0,27
2	W 9			1475,5	4,33	0,29
3	W 85			1477	4,02	0,27
4	W 10			1489,5	3,61	0,24
				Durchschnitt: 3,96		0,27

Vergleichstabelle 25a (s. Gesamttabelle XXIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	+ O O O +	6 $\frac{1}{2}$	1661	4,35	0,26
2	H 90		7	1694	4,15	0,25
3	H 82		6 $\frac{1}{2}$	1747	4,58	0,26
Durchschnitt:					4,36	0,26

Im großen und ganzen können wir also feststellen, daß das Wildkaninchen hinsichtlich der Muskelmaße, die als besonders geeignet zur Feststellung der bestehenden Verhältnisse berücksichtigt wurden, ein Übergewicht aufweist. Inwieweit hierbei eine Vermehrung der Muskelfasern oder Vergrößerung derselben eine Rolle

spielt, müßte noch histologisch festgelegt werden. Wahrscheinlich werden beide Faktoren zusammenwirken. Eine Gewichtszunahme infolge erhöhter Einlagerung von intramuskulösem Fett können wir ohne weiteres ausschließen, da das Wildkaninchen im Vergleich zu seinen zahmen Verwandten allgemein außerordentlich wenig Fett ansetzt.

Dies fällt schon bei oberflächlicher Besichtigung auf. Scharf konturierte und sich deutlich voneinander abhebende Muskeln, die zudem noch durch ihre lebhaftere Farbe ausgezeichnet sind, sind dem Wildkaninchen eigen, während mehr verschwommene, durch intermuskuläre Fetteinlagerungen noch mehr verwischte eine Eigentümlichkeit des domestizierten Tieres darstellen.

Daß bei diesen Verhältnissen einem erhöhten relativen und absoluten Muskelgewicht beim Wildkaninchen auch das Skelet und insbesondere die Knochen der Gliedmaßen gewisse Veränderungen aufweisen werden, darf nicht wundernehmen, da ja diese die Angriffspunkte der Kraft darstellen und den erhöhten Anforderungen angepaßt sein müssen.

Literaturangaben hierüber konnten nur sehr wenig ermittelt werden und waren nicht zu verwerten aus Gründen, die schon an anderer Stelle aufgeführt sind. Bei den wenigen Aufzeichnungen fehlt auch hier die wichtige Altersangabe. Nach dem Körpergewicht der verwandten Objekte zu urteilen, handelte es sich meist um nicht ausgewachsene Individuen, oder aber es schloß die angewandte Technik eine Berücksichtigung aus.

Eine Angabe von SUSSDORF (12) wäre anzuführen, wonach allgemein das lufttrockene Skelet eines Tieres mit 7—8,5 % am Lebendgewicht partizipieren soll. Eine solch hohe Prozentzahl habe ich selbst beim Wildkaninchen nicht feststellen können. Den höchsten Prozentsatz zeigten jugendliche Individuen und zwar 5,8 % ein 4 Monate altes Hauskaninchen und einen Wert von 7,15 % ein Wildkaninchen von ca. 2 Monaten. Die Mittelwerte aber betragen bei ausgewachsenen Tieren 4,3 % beim Hauskaninchen und beim Wildkaninchen 5,55 %, in der Tabelle, die Tiere verschiedenen Gewichts aufführt. Bei Tieren von annähernd gleichem Gewicht verschieben sich diese Verhältnisse etwas. Das Wildkaninchen weist hier ein Verhältnis von 5,31 % auf, wohingegen beim Hauskaninchen ein solches von 4,3 % auftritt. Wir können also hier ein erhebliches Übergewicht beim Wildkaninchen feststellen. Weiter lehren uns die Angaben, die den prozentualen Anteil des Skelets am Körper-

gewicht darstellen, daß mit steigendem Körpergewicht das Skelet an Gewicht fast gleichmäßig zunimmt.

Vergleichstabelle 26 (s. Gesamttabelle XXII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Skelet- gewicht in g	Gewicht in %
1	W 85	♂	} ausge- wachsen	1477	81,47	5,38
2	W 10	♀		1489,5	89,16	5,99
3	W 84	♂		1522	78,69	5,17
4	W 16	♀		1686	79,2	4,7
				Durchschnitt:	82,13	5,31

Vergleichstabelle 96a (s. Gesamttabelle XXIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	♂	6½	1661	70,25	4,23
2	H 82	♀	6½	1747	77,03	4,41
3	H 47	♂	13	2062	87,64	4,25
				Durchschnitt:	78,31	4,3

Was die Technik angeht, so wurden die Knochen der Gliedmaßen von Fleischresten und Periost befreit, gewogen, dann teilweise gebrochen, das Mark entfernt, der Rest gewogen, dann getrocknet und die Differenzen festgestellt. In der Regel wurden die Knochen nur einer Seite diesem Verfahren ausgesetzt, um die der anderen Seite zu macerieren und verdoppelt dem übrigen Skelet zuzuzählen. Wo die Knochen beider Seiten in der obigen Weise bearbeitet wurden, um eventuelle Unterschiede in der rechten und linken Seite festzuhalten — gleichmäßige Unterschiede fanden sich übrigens nicht —, wurden diese aus anderen Skeleten berechnet unter Zugrundelegung der Werte, die die gereinigten Knochen des betreffenden Skelets aufwiesen.

Geringe Fehlerquellen ergeben sich bei Skeleten, bei denen Gehirn und Rückenmark präpariert wurde, da hier das beim Aufsägen entstehende Knochenmehl nicht genau in Rechnung gezogen werden konnte. Es wurde hier ein Durchschnittsverlust von 2 g angenommen und hinzugerechnet. Das nach dieser Bearbeitung restierende Skelet wurde der Maceration ausgesetzt, bei den ersten Skeleten bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und bei den Skeleten der Tiere von No. 80 an der Schnellmaceration. Dieses Verfahren —

Einlegen der Skelete in Bottiche, deren Wassertemperatur auf 35—40° erhalten wird — hat bedeutende Vorteile, da hier innerhalb 2—3 Tagen das Skelet ausmaceriert ist, gegenüber einem Zeitraum von bis 2 Monaten bei der gewöhnlichen Behandlung. Ob sich hierbei, je nachdem das eine oder andere Verfahren zur Anwendung kommt, Gewichtsunterschiede zeigen, sei dahingestellt. Ich habe an dem allerdings nur kleinen Material solche nicht feststellen können.

Getrocknet wurden die Skelete bei Zimmertemperatur in einer Zeit von durchschnittlich 4—8 Wochen und mehr.

Von den Skeleten der Hauskaninchen wurden No. H 86 und H 87 nicht berücksichtigt, da die Tiere trächtig waren, No. H 86 20 Tage, No. H 87 9 Tage. Desgleichen kam No. H 64 in Fortfall, da das Tier sehr abgemagert war. No. H 65 zeigte auffallende rhachitische Veränderungen. No. H 73, H 66, H 3, H 4, H 5 schieden wegen zu geringen Alters aus.

Von den Wildkaninchen fiel No. 49 in Fortfall, da ebenfalls schwanger, No. W 75, weil längere Zeit im Gehege gehalten und daher nicht einwandfrei, No. W 52 weil stark abgemagert.

Daß die Skelete jüngerer Tiere ein relativ höheres Gewicht zeigen, wurde schon erwähnt.

Eine Gegenüberstellung von jungen Hauskaninchen, die das Gewicht von Wildkaninchen haben, und diesen letzteren ergibt ein fast gleiches prozentuales Verhältnis, das sich aber zugunsten des Wildkaninchens bedeutend ändert, wenn wir zum Vergleich ausgewachsene und gleichschwere Hauskaninchen heranziehen.

Auch dieses Beispiel zeigt die Wichtigkeit der Altersangaben für diese Untersuchungen und die Notwendigkeit, nur ausgewachsene Tiere zu verwenden, wenn anders nicht ein unklares Bild der tatsächlichen Verhältnisse entstehen soll.

Die anatomischen Unterschiede im Skeletbau, insbesondere die Abweichungen, die sich bei den Knochen der Hauskaninchen als Folge der schwächeren Inanspruchnahme zeigen, hat DARWIN (1) ausführlich behandelt. Ihn interessierten vor allem die Veränderungen, die die großen hängeohrigen Rassen im Vergleich zum Wildkaninchen aufwiesen, Veränderungen also, die größtenteils durch die größere Körpermasse dieser Tiere bedingt sind. Er konnte als Hauptergebnisse feststellen: „Bei diesen großen Rassen ist der Schädel im Verhältnis zur Breite sehr verlängert.“ — DARWIN führt dies auf den verminderten Gebrauch der Sinne und Muskeln zurück, die ihrerseits wieder ihren Einfluß auf die Schädelkapsel geltend machten.

Vergleichstabelle 27 (s. Gesamttabelle XXI).

Wildkaninchen.

No.	J.-No.	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Skelet- gewicht in g	Gewicht in %
1	W 11	} ausge- wachsen	1273	72,2	5,67
2	W 9		1475,5	86,74	5,88
3	W 10		1489,5	89,16	5,99
4	W 84		1522	78,69	5,17
Durchschnitt:					5,68

Vergleichstabelle 27a (s. Gesamttabelle XXIa).

Hauskaninchen.

1	H 66	4	1243	71,1	5,8
2	H 3	ca. 5	1464,8	80,08	5,45
3	H 4	ca. 6	1500,2	86,9	5,79
4	H 5	ca. 6	1512	86,89	5,75
Durchschnitt:					5,7

Vergleichstabelle 28 (s. Gesamttabelle XXII).

Wildkaninchen.

1	W 85	} ausge- wachsen	1477	81,47	5,38
2	W 10		1489,5	89,16	5,99
3	W 84		1522	78,69	5,17
4	W 16		1686	79,2	4,7
Durchschnitt:					5,31

Vergleichstabelle 28a (s. Gesamttabelle XXIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	7	1661	70,25	4,23
2	H 82	6 1/2	1747	77,03	4,41
3	H 47	13	2062	87,64	4,25
Durchschnitt:					4,3

Die Supraorbitalfortsätze der Stirnbeine sind viel breiter. Der (für das Kaninchen charakteristische) Interparietalknochen ist meist ovaler und hat in der Längsachse des Schädels eine größere Ausdehnung als beim wilden Kaninchen. Der obere Rand des Hinterhauptslöches weist meist nicht den viereckigen Ausschnitt auf, wie er dem Wildkaninchen eigen ist, der untere zeigt nicht die ausgesprochene Winkelbildung. Der knöcherne Gehörgang ist auffallend größer als beim wilden Kaninchen und mehr nach vorn gerichtet, eine Wirkung der bedeutend schwereren Ohren. Im weiteren weist

DARWIN noch kleinere Abweichungen an den übrigen Knochen des Skelets nach.

Einen Vergleich zwischen gleichschweren Wild- und Hauskaninchen anzustellen war ihm nicht möglich, da dem der Mangel an geeigneten zahmen Kaninchen entgegenstand. Doch gibt er bezüglich des Schädels von 5 gemeinen Kaninchen, die er als nicht so groß wie die großen hängeohrigen Tiere, aber größer als Wildkaninchen beschreibt, etwa folgendes an:

„Die Schädel dieser Tiere näherten sich teilweise in ihrer Größe den Schädeln der großen Kaninchen, andere übertrafen nur wenig die der Wildtiere. In ihren Abweichungen nehmen sie zwischen den großen hängeohrigen Kaninchen und den Wildtieren ungefähr die Mitte ein, oft aber zeigen sie keine Abweichungen von den Verhältnissen, wie sie bei den Wildkaninchen vorliegen.“

Gewichtmäßige Feststellungen bei den Knochen der Gliedmaßen, die hier wegen der Wahrscheinlichkeit, besondere Unterschiede zu finden, allein berücksichtigt wurden, führten zu folgenden Resultaten: beim Hauskaninchen zeigen die abgeschabten Knochen mit Anwachsen des Körpergewichts eine ständige Gewichtszunahme. Die wechselnden statischen Verhältnisse bei großen Tieren bringen das mit sich, daß diese nicht gleichmäßig erfolgt, sondern daß die Knochen in erheblich höherem Maße zunehmen, also mit der Körpergewichtszunahme nicht gleichen Schritt halten. Am deutlichsten prägt sich dieses Verhältnis in der Tabelle XXIII beim Humerus aus, weil wir hier einen ziemlich geschlossenen Kreis von Tieren vor uns haben. Bei dem schwersten Tiere, No. H 55, ist hier beispielsweise unter Zugrundelegung der Mittelwerte aus Körpergewicht und Gewicht des Humerus von No. H 14, H 86 und H 54 — diese Tiere zeigen typische Durchschnittsgewichte — ein Mehr von über 2 g festzustellen. Ähnliche Ergebnisse zeigen die Berechnungen bei den übrigen Knochen auf Grund derselben Basis. Beim Wildkaninchen haben wir annähernd gleiche Durchschnittswerte für die Gewichte der einzelnen Knochen. Gewisse geringe Differenzen sind wohl auf den wechselnden Ernährungszustand zurückzuführen.

Die Zusammenstellung annähernd gleichschwerer Tiere ergibt für die von Fleisch und Knochenhaut befreiten Knochen ein absolutes Übergewicht des Wildkaninchens. Am meisten prägt sich dieses beim Femur und Humerus aus.

Vergleichstabelle 29 (s. Gesamttabelle XXIII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Körper- gewicht in g	Gewicht (in g) von				
			Scapula	Humerus	Rad. + Ulna	Femur	Tibia
1	W 84	1522	1,63	3,25	2,12	5,93	5,37
2	W 83	1580	1,55	2,8	1,93	—	—
3	W 16	1686	1,52	3,13	1,95	5,56	4,92
4	W 2	1738	1,58	3,08	2,02	5,93	5,17
Durchschnitt:			1,57	3,07	2,01	5,81	5,15

Vergleichstabelle 29a (s. Gesamttabelle XXIIIa).

Hauskaninchen.

1	H 89	1661	1,39	2,75	1,85	5,56	4,82
2	H 90	1694	1,4	2,52	1,7	4,95	4,33
3	H 82	1747	1,56	2,88	2,15	5,9	5,4
Durchschnitt:			1,45	2,72	1,9	5,47	4,85

Eine gleiche Übersicht über das Verhältnis der marklosen bzw. lufttrockenen Knochen läßt sich nicht geben, weil die Angaben von gleichgroßen Hauskaninchen fehlen. Ungefähre Anhaltspunkte gibt eine Aufstellung unter Verwendung gleichschwerer, aber jüngerer Tiere (s. Tabelle 30).

Scapula und Humerus zeigen beim Hauskaninchen einen höheren Wassergehalt, während an der Hintergliedmaße ein umgekehrtes Verhältnis einsetzt.

Ein größeres Gewicht an Knochenmark erhalten wir beim Humerus des zahmen Kaninchens. Dagegen zeigt ein Vergleich der Knochen der Hintergliedmaße ein Übergewicht des Wildkaninchens. Wahrscheinlich werden sich die Verhältnisse bei Verwendung ausgewachsener Hauskaninchen nicht wesentlich anders stellen.

Einen genauen Überblick läßt die völlig unzulängliche Anzahl der Tiere nicht zu. Daneben ist zu bedenken, daß der einfachen Methode Fehlerquellen anhaften insofern, als in den feinen Knochenbälkchen Reste von Mark hängen bleiben, die auf trockenem Wege nicht herausgebracht werden können, es sei denn, man würde eine völlige Zermahlung der Knochen vornehmen. Die Gleichmäßigkeit der Resultate allein ist es, die zu den Angaben berechtigt und bei weiteren Untersuchungen und eventuell Verbesserung der Methode ein ähnliches, aber einwandfreieres Bild verspricht.

Vergleichstabelle 30 (s. Gesamttabelle XXIV a).
Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Körper- gewicht in g	Skelet- gewicht in g	Scapula		Humerus		Rad. + Ulna		Femur		Tibia				
				gereinigt	lufttrocken	gereinigt	marklos	lufttrocken	gereinigt	marklos	lufttrocken	gereinigt	marklos	lufttrocken		
1	W 9	1476	86,74	1,76	1,44	3,39	2,84	2,25	2,26	1,87	6,65	5,57	4,27	6,03	4,92	4,15
2	W 10	1490	89,16	1,49	1,34	3,29	2,83	2,29	2,21	1,84	6,10	5,06	4,11	5,42	4,39	3,93
3	W 16	1686	79,2	1,52	1,33	3,13	2,60	2,32	1,95	1,85	5,56	4,5	4,12	4,92	4,12	3,82
		Durchschnitt:		1,59	1,37	3,27	2,76	2,29	2,14	1,85	6,1	5,04	4,17	5,46	4,48	3,97
				0,22		0,51					1,06			0,98		
						0,98					1,93			1,49		

Vergleichstabelle 30a (s. Gesamttabelle XXIV a).

Hauskaninchen.

1	H 3	1465	80,08	1,68	1,33	3,27	2,61	1,91	—	—	5,62	4,83	3,63	4,95	4,19	3,55
2	H 4	1500	86,90	1,61	1,19	2,99	2,45	1,95	2,08	1,82	5,32	4,47	3,65	4,72	4,06	3,58
3	H 5	1512	86,95	1,95	1,54	3,20	2,66	2,11	2,20	1,91	5,74	4,8	3,96	5,12	4,26	3,74
	Durchschnitt:			1,75	1,35	3,15	2,57	1,99	2,14	1,87	5,56	4,7	3,75	4,93	4,17	3,62
				0,4		0,58	2,57				0,86			0,76		
						1,16					1,81			1,31		

Im Anschluß hieran seien die Tabellen aufgeführt, die die Ergebnisse der Veraschung bzw. der Behandlung mit Salpetersäure zeigen. Verwandt wurde hierzu das Femur je einer Seite. Auch bei der Veraschung zeigte die Tabelle einen höheren Wassergehalt und ein höheres Markgewicht beim Wildkaninchen. Der Prozentgehalt des lufttrockenen Femur an anorganischen Bestandteilen beträgt beim Wildkaninchen im Durchschnitt 61,37 %, beim zahmen nur 54,21 %. Es ist jedoch immerhin möglich, daß sich bei ausgewachsenen zahmen Individuen diese Zahl zu deren Gunsten noch verschiebt, da auch dieser Tabelle an zahmen Tieren nicht ganz erwachsene Exemplare zugrunde liegen.

Vergleichstabelle 31.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Gew. d. rechten Oberschenkels in g				Differenz	Asche % vom Trockengewicht
				abgeschabt	marklos	lufttrocken	verascht		
1	W 9	♀	1475,5	6,6	5,28	4,27	2,56	1,71	59,95
				1,32					
2	W 10	♂	1489,5	6,1	2,33 5,05	4,15	2,59	1,56	62,41
				1,05					
3	W 51	♂	1370,2	6,16	1,95 4,98	4,00	2,47	1,53	61,75
				1,18					
				2,16					
	Durchschnittsgewicht:			6,29	5,10	4 14	2,54	1,6	61,37
	Prozentualgewicht, bezogen auf das Körpergewicht:			0,44	0,35	0,29	0,18	0,11	—

Vergleichstabelle 31a.

Hauskaninchen.

1	H 3	♂	1464,8	5,57	4,89	3,92	2,05	1,87	52,3
2	H 4	♂	1500,2	5,33	4,52	3,84	2,07	1,77	53,91
3	H 5	♂	1512	5,87	4,88	4,13	2,33	1,74	56,42
	Durchschnittsgewicht:			5,59	4,78	3,98	2,15	1,79	54,21
	Prozentualgewicht, bezogen auf das Körpergewicht:			—	0,37	0,32	0,27	0,14	—

Die Behandlung mit einer 5 % Salpetersäurelösung, in der die Oberschenkelknochen zunächst 3 Tage und nach Wechsel der Flüssigkeit nochmals 4 Tage verblieben, gibt uns den organischen Rückstand an, und zwar zeigt dieser beim Hauskaninchen ein höheres Prozentualgewicht. Gegenüber einem Durchschnitt von 18,43 % organischer Substanz beim Wildkaninchen erhalten wir den höheren Wert von 22,59 % beim zahmen Kaninchen. Mithin entfallen auf die Differenz zwischen den Summen aus anorganischer und organischer Substanz und dem lufttrockenen Gewicht beim Wildkaninchen 20,2 % und beim Hauskaninchen 23,2 %.

Bezüglich der Bewertung dieser Tabelle gilt ebenfalls das bei der Veraschung des Oberschenkels schon Gesagte. Bei beiden Tabellen macht sich der Mangel gleichgroßer ausgewachsener Hauskaninchen bemerkbar.

Vergleichstabelle 32.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Femur				Trocken- gewicht in %
		gereinigt	marklos	lufttrocken	entkalkt	
1	W 9	6,65	5,57	4,3	1,35	20,21
2	W 10	6,1	5,06	4,1	1,15	18,85
3	W 51	6,16	4,98	3,92	1,0	16,23

Durchschnitt: 18,43

Vergleichstabelle 32a.

Hauskaninchen.

1	H 3	5,74	4,8	3,97	1,4	24,39
2	H 4	5,62	4,83	3,63	1,17	20,82
3	H 5	5,32	4,47	3,68	1,2	22,56

Durchschnitt: 22,59

Um festzustellen, ob die Käfighaltung auf die Länge der einzelnen Knochen und ihr Verhältnis zueinander von Einfluß gewesen ist, wurden die Gliedmaßenknochen von 25 zahmen und 15 wilden Kaninchen gemessen. Hiervon wurden No. H 4, W 12 und W 74 als zu jung nicht berücksichtigt, trotzdem das Verhältnis der Knochen zueinander bei diesen jungen Tieren von dem der ausgewachsenen kaum abweicht.

Die Tabelle ergibt, daß mit wachsendem Gewicht auch die Länge der Knochen beim Hauskaninchen zunimmt. Für das Wild-

kaninchen sind solche Steigerungen natürlich nicht zu erwarten, weil wir es ja mit einer Rasse zu tun haben, deren Gewichtsverhältnisse nur durch die schwankenden Nahrungsaufnahmen bzw. ihre Leistungen reguliert werden.

Am besten veranschaulicht diese Verhältnisse No. W 52, ein Weibchen, das Ende August geschossen wurde, nachdem es wahrscheinlich durch mehrere Geburten in seinem Normalkörpergewicht sehr heruntergekommen war. Die Länge seiner Gliedmaßenknochen würde ihm in der Tabelle als laufende No. die von etwa No. 11 anweisen, statt No. 4, die es nach seinem Körpergewicht einnimmt, deswegen wurde versucht, dieser Tabelle nicht das Körpergewicht, sondern die Körperlänge zugrunde zu legen.

Vergleichstabelle 33
(s. Gesamttabelle IV u. XXIV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J. No.	Körpergewicht in g	Körperlänge in cm	Länge des Humerus in mm
1	W 12	873,5	42	6,2
2	W 74	940	42	5,9
3	W 49	1301	44	6,4
4	W 11	1273	44,5	6,6
5	W 48	1387	45	6,4
6	W 88	1437	46	6,2
7	W 16	1686	46	6,7
8	W 51	1370	46,5	6,8
9	W 83	1580	46,5	6,4
10	W 75	1409	47	6,1
11	W 84	1522	47	6,8
12	W 85	1447	48	6,1

Vergleichstabelle 33a
(s. Gesamttabelle IVa u. XXIVa).

Hauskaninchen.

Lfd. No.	J. No.	Körpergewicht in g	Körperlänge in cm	Länge des Humerus in mm
1	H 73	—	43	6,4
2	H 89	1661	46	6,4
3	H 90	1694	46	6,5
4	H 7	1723	49	6,5
5	H 47	2062	49	6,4
6	H 57	2216	49,5	6,4
7	H 14	2245	51	6,9
8	H 86	2345	51	6,9
9	H 33	2225	54	6,8
10	H 87	2877	56	7,2
11	H 61	2503	60	7,9
12	H 58	4868	62	9,1
13	H 56	3928	63	8,1
14	H 64	3328	66	8,8
15	H 72	—	66	8,2
16	H 50	4921	72	8,6
17	H 53	—	73	8,2
18	H 60	6480	74	9,4
19	H 55	7300	76	9,4
20	H 79	5015	78	9,5

Beim Hauskaninchen erhalten wir auf diese Weise eine etwas gleichmäßigere Aufstellung, wenn wir die Humeruslänge als Vergleichswert hinzuziehen, doch ergeben sich wesentliche Verschiedenheiten nicht. Dazu kommt noch, daß wir beim Hauskaninchen mit Rassen rechnen müssen, die zum Teil auf Körperlänge (s. Hasen-

kaninchen und belgischen Riesenkaninchen) oder auf besondere Kürze des Körpers (s. Hermelinkaninchen) gezogen werden.

Beim Wildkaninchen zeigt die Tabelle unter Zugrundelegung der Körperlänge dieselben Verschiedenheiten wie die auf dem Körpergewicht aufgebaute.

Das Verhältnis der Knochen der Gliedmaßen zueinander wurde an der Länge des Humerus bestimmt, die gleich 1 gesetzt wurde. Dieses Verhältnis ist beim Hauskaninchen konstant. Im Durchschnitt ergibt sich ein Verhältnis von

Humerus : Scapula : Radius + Ulna : Femur : Tibia wie

1 : 0,9 : 1,1 : 1,32 : 1,46

beim Wildkaninchen ein solches von

1 : 0,85 : 1,1 : 1,3 : 1,42.

Danach zeigen Scapula und Tibia im Verhältnis zum Humerus eine Verkürzung, die sich bei den andern Knochen weniger ausspricht.

Vergleichen wir die absolute Durchschnittslänge der Knochen bei gleichschweren Tieren, so zeigen sich kaum ins Gewicht fallende Unterschiede.

Vergleichstabelle 34 (s. Gesamttabelle XXIV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Humerus	Scapula	Radius + Ulna	Femur	Tibia
1	W 85		1477	6,1	5,6	6,9	8,2	9,1
2	W 84		1522	6,8	5,7	7,1	8,5	9,6
3	W 83		1580	6,4	5,6	6,9	8,2	9,1
4	W 16		1686	6,8	5,7	7,1	8,5	9,6
Durchschnitt:				6,5	5,65	7,0	8,35	9,35

Vergleichstabelle 34a (s. Gesamttabelle XXIVa).

Hauskaninchen.

1	H 89		1661	6,4	5,7	7,0	8,3	9,1
2	H 90		1694	—	—	—	8,4	9,1
3	H 7		1723	6,5	5,6	7,0	8,7	9,6
4	H 82		1747	6,5	5,6	7,2	8,5	9,3
Durchschnitt:				6,5	5,6	7,1	8,5	9,3

Während ich mich bei den Untersuchungen von Muskeln, Skelet und Eingeweiden kaum auf vorhergehende Arbeiten stützen konnte, wird dies anders, sobald wir uns auf das Gebiet der Sinnesorgane bzw. ihrer Zentren begeben.

Sehr eingehend an dem überaus reichen Material von nahezu 300 Tieren haben DONALDSON u. SCHINKISHI HATAI (2) ihre Untersuchungen über Unterschiede im Gewicht und Wassergehalt von Gehirn und Rückenmark bei der weißen Ratte (*Mus norvegicus albinus*) und ihrer Stammform, der wilden norwegischen Ratte (*Mus norvegicus*) angestellt.

Im Hinblick auf die annähernd gleichen Resultate — die Arbeit kam mir leider erst gegen Schluß meiner Untersuchung zu Gesicht — sei hier eine kurze Zusammenfassung ihrer Resultate gegeben. Auf Gehirngewicht untersucht wurden 231 männliche und 278 weibliche Tiere. Die Verfasser stellen fest, daß bei beiden Formen das Gehirn der jugendlichen Individuen gleichmäßig zunimmt bis zu einem Körpergewicht von 10 g, daß aber dann die Wildform ein stärkeres Gehirnwachstum aufweist. Die ausgewachsene weiße Ratte bleibt mit 10% des Gehirngewichts hinter dem der norwegischen Ratte zurück.

In 27 von 38 Fällen zeigt das männliche Gehirn sich schwerer als das der weiblichen Tiere.

Die wesentlichen Unterschiede in den beiden Formen erscheinen zu verschiedenen Zeiten während der Wachstumsperiode.

Die norwegische Ratte hat einmal ein relativ größeres Gehirn und ein größeres Rückenmarksgewicht, und weiter zeigt sie, verglichen mit einer gleichschweren weißen Ratte — in diesem Fall ist das Wildtier das jüngere — einen höheren Wassergehalt des Zentralnervensystems, dieses festgestellt nach 8tägiger Trocknung bei einer Temperatur von 90—95° C. Bei gleichem Alter ist dagegen der Wassergehalt annähernd gleich.

Interessant ist die Feststellung, daß bei der wilden Ratte unter Voraussetzung gleichen Hirngewichts das Weibchen ein größeres Rückenmarksgewicht zeigt.

Die Untersuchungen über das Rückenmark wurden an 229 weiblichen und 278 männlichen Tieren vorgenommen. Das Rückenmark ist bei der Wildratte um 12% schwerer. Bei der Geburt zeigen beide Formen gleiches Rückenmarksgewicht.

Im weiteren führen die Verfasser an: Nehmen wir die Durchschnittswerte für jedes Geschlecht bei gleichem Körpergewicht, so finden wir beim Rückenmark ähnliche Beziehungen wie beim Gehirngewicht, daß nämlich das Männchen einen größeren Wassergehalt zeigt. Das Männchen ist in diesem Falle aber jünger.

Neben diesen Unterschieden führen DONALDSON u. HATAI noch

an, daß die Wildform einmal schwerer ist und weiter eine etwas größere Körperlänge zeigt, Verhältnisse, wie wir sie beim Wildkaninchen ja nur zum Teil haben.

Alle diese Verschiedenheiten zwischen wilder und zahmer Ratte glauben die Verfasser der Domestikation zuschreiben zu müssen.

Zum Schlusse drängt sich ihnen auch die Frage auf, welche Bestandteile des Gehirns bzw. Rückenmarks dieses Mehrgewicht beim Wildtier veranlassen.

Sie glauben vorläufig nur eine versuchsweise Erklärung abgeben zu können und führen etwa folgendes aus. Das höhere Gewicht ist wahrscheinlich mehr einer Erweiterung der Neuronen als dem Anwachsen ihrer Zahl zuzuschreiben. Ferner ist es möglich, daß diese größere Erweiterung begleitet wird von einer nachträglichen Entwicklung der Körperzellen, und dieser Unterschied kann eine Ursache des höheren Wassergehalts werden.

Mit ähnlichen Fragen beschäftigt sich eingehend KLATT (9). In einer größeren Haustierreihe und deren Wildformen hat er durch Ausschroten der Schädelhöhle — ein Verfahren, das auch DARWIN angewandt hat — das Gehirnvolumen festgestellt und gefunden, daß das Gehirn beim Wildtier einen ungleich höheren Raum beansprucht.

Nun fragt er: das Schwinden welcher Bestandteile des Hirns führt zur Verringerung des Hirnvolumens beim Haustier? Hirnhäute, Gefäße, Hirnwasser usw. schließt er mit Recht als Hauptfaktoren aus. Er kommt zu dem Schlusse, daß die Verkleinerung dem Schwinden der Neuronen-Masse selbst zuzuschreiben ist, verursacht durch die physiologisch geringere Inanspruchnahme beim domestizierten Tiere. Beweisend für ihn sind neben den Untersuchungen von WOLFGRAMM, der bei in Gefangenschaft aufgewachsenen Wölfen eine Verkleinerung der Bullae osseae feststellte, die scheinbare Vermehrung der Zahl der die Lamina cribrosa durchbohrenden Nervenlöcher beim Wildtiere und die Untersuchungen STAHR's über die Geschmackspapillen (*Papilla foliata*) beim Wildkaninchen.

STAHR (14) stellte an Schnitten, die senkrecht zu den die Papillen ausmachenden Blättern angelegt waren, fest, daß die mittlere Stromaleiste beim zahmen Kaninchen weit über die seitlichen Stroma- oder Sinnesleisten — sie nehmen in Reihen geordnet die Geschmacksknospen auf — hinausragt, daß also eine Verkümmerng dieser Sinnesleisten eingetreten sei. Diese wieder müßte eine geringere Zahl von Geschmacksknospen zur Folge haben.

Es ist mir leider nicht gelungen, bei zahlreichen in gleicher Weise angelegten Schnitten konstante Unterschiede festzustellen. Vielfach erhielt ich beim Hauskaninchen ganz ähnliche Bilder wie beim Wildkaninchen und umgekehrt. Es zeigt sich ein außerordentlich schwankendes Verhältnis der mittleren Stromaleiste zu den seitlichen. Sowohl beim zahmen wie beim wilden Kaninchen konnte ich fast alle Übergänge feststellen. So lange wir also noch nicht in der Lage sind, die Geschmacksknospen genau zu zählen — STAHR spricht von unüberwindlichen Schwierigkeiten —, werden wir uns ein wirkliches Bild dieser interessanten Verhältnisse nicht machen können und wesentlich auf Vermutungen angewiesen sein. Die Wahrscheinlichkeit, daß wir zahlenmäßige Unterschiede auch hier feststellen können, ist sicherlich sehr groß. Das Hauskaninchen bekommt ausgewähltes Futter, aus dem schädliche Bestandteile nach Möglichkeit entfernt sind und das nur wenig Abwechslung aufweist. Dies enthebt es der Selbstauswahl geeigneter Futtermittel, die das Wildkaninchen in weitgehendem Maße vornehmen muß. In der Domestikation kann sich also der Geschmackssinn nicht in der Weise betätigen wie in freier Wildbahn und wird allmählich abstumpfen. Kommt nun durch ungünstige Umstände, Nachlässigkeit, Unwissenheit usw., ein ungeeignetes Futter in den Kaninchenstall, so machen sich die Folgen auch bald bemerkbar. Es ist eine bekannte Tatsache, daß fast bei keiner Tierart die Verluste an Tieren, die infolge Aufnahme schlechter Futterstoffe zugrunde gehen, so groß sind wie beim Kaninchen. Verschimmeltertes Brot, verschimmelte Rüben, saures, in Gärung übergegangenes Weichfutter, bereiftes und gefrorenes Grünfutter, all dies wird ohne Auswahl aufgenommen. Es ist dies besonders für den Anfänger in der Kaninchenzucht die bekannteste und gefürchtetste Klippe. Auch aus diesem Grunde wäre es zu verwundern, wenn sich diese Domestikationseinflüsse nicht auch in den Geschmacksorganen, als vorzüglichstem Vertreter den Papill. foliat., geltend gemacht hätten. Allerdings muß hier auch eine eventuelle Schwächung des Darmkanals in Betracht gezogen werden.

KLATT zieht den Schluß, daß die Zahl der receptorischen Elemente aller Sinnesorgane in der Domestikation durch verminderten Gebrauch eine Abnahme erfahren haben, die sich dann in den Zentren, hauptsächlich im Gehirn, durch die Abnahme des Gehirnvolumens und, wie wir später sehen werden, fast im gleichen Verhältnis auch des Gehirngewichts geltend machen.

Die Abnahme des durch Ausschroten festgestellten Gehirn-

volumens geht aus folgender Tabelle hervor, bei der KLATT als Vergleichsmaß die Basilarlänge genommen hat.

Tabelle 35.

Wildkaninchen.

Basilarlänge in cm	Kapazität in ccm	Basilarlänge in cm	Kapazität in ccm
6,3	9,0	6,7	9,5
6,4	10,0	6,7	10,0
6,5	11,5	6,7	11,0

Tabelle 35a.

Hauskaninchen.

5,9	8,0	7,3	9,0
6,3	8,5	8,3	11,0
6,5	9,0	8,3	11,0
6,7	8,0	8,4	10,5
6,8	8,0	8,6	12,0
6,8	9,0	9,5	12,0
7,2	8,5	10,0	15,0

Bei Tieren gleicher Basilarlänge zeigt sich also eine Abnahme des Gehirnvolumens um 1—3,5 ccm, im Durchschnitt um 2 ccm. Eine ähnliche Differenz ergibt sich aus der Tabelle der Hirngewichte.

Über die angewandte Methode der Herausnahme des frischen Hirns ist folgendes zu sagen. Die Trennung von Gehirn und Rückenmark erfolgte zwischen dem ersten und zweiten Halswirbel (Genickstichstelle). Die Schädeldecke wurde nach Einschnitten mit der Säge abgehoben, die Flocculi sorgsam mit Messer und einer feinen Knochenschere aus ihrer harten knöchernen Hülle gelöst, die Dura mater dann durch Längs- und Querschnitte gespalten und nach den Seiten zurückgeklappt. Hierbei empfiehlt es sich, diese leicht anzufeuchten, um ein sicheres Loslösen zu ermöglichen. Das Gewicht dieser von der Dura mater befreiten Hirnmasse liegt den folgenden Tabellen zugrunde.

Durch Ausschroten stellte KLATT (9) eine Differenz zwischen zahmen und wilden Kaninchen von 2 ccm fest. Eine entsprechende Differenz zeigt sich bei den Gehirngewichten gleichgroßer Tiere, bei denen wir ein absolutes Durchschnittsgewicht von 8,98 g erhalten, während dieses beim Wildkaninchen 10,95 g beträgt, gleich 22 %. Das prozentuale Verhältnis ergibt unter gleichen Bedingungen die Werte von 0,51 beim Haus- und 0,63 beim Wildkaninchen.

Vergleichstabelle 36 (s. Gesamttabelle XXV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gehirn- gewicht in g	Gewicht in %
1	W 16	♂+♂+♂+♂+♂+♂+♂	} ausge- wachsen	1686	10,60	0,629
2	W 23			1715	11,93	0,696
3	W 31			1730	10,95	0,633
4	W 36			1735	11,07	0,638
5	W 28			1750	10,15	0,580
6	W 15			1750	10,95	0,605
7	W 17			1797	11,36	0,632
				Durchschnitt:	10,95	0,630

Vergleichstabelle 36a (s. Gesamttabelle XXVa).

Hauskaninchen.

1	H 89	$\begin{array}{c} \text{O}_2 \\ \text{O}_2 \\ \text{O}_2 + \text{O}_2 + \text{O}_2 + \text{O}_2 \\ \text{O}_2 \end{array}$	$6\frac{1}{2}$	1661	9,17	0,552
2	H 90		7	1694	8,12	0,479
3	H 7		ca. 6	1723	8,76	0,508
4	H 82		$6\frac{1}{2}$	1747	9,10	0,521
5	H 43		ca. 7	1765	8,69	0,492
6	H 42		$12\frac{1}{2}$	1775	9,43	0,531
7	H 32		ca. 7	1880	9,60	0,511
				Durchschnitt:	8,98	0,513

Mit zunehmendem Körpergewicht steigt das Gehirngewicht beim Hauskaninchen sehr wenig, bei Verdoppelung des Körpergewichts nur um annähernd 30 %. Bei gleichen Gehirngewichten beträgt das Körpergewicht des zahmen Kaninchens annähernd das doppelte Gewicht des Wildkaninchens.

Wir sehen auch, daß mit steigendem Körpergewicht das prozentuale Gehirngewicht fortdauernd abnimmt und bei dem größten Tiere nur noch 0,229 % beträgt, gegenüber einem Durchschnittsgewicht von 0,513 % bei kleinen Rassen. Auch beim Wildkaninchen können wir mit Zunahme des Körpergewichts eine geringe Abnahme des prozentualen Verhältnisses feststellen.

Die Erklärung für dieses Verhalten der Zahlenwerte finden wir darin, daß das kleinere Tier einer Art im Daseinskampf fast dieselbe Leistung seiner Sinnesorgane aufzuwenden hat wie das größere.

Bei Betrachtung der Tabelle, die die Gehirngewichtswerte für die Wildkaninchen enthält, fällt das geringe Gehirngewicht von No. 75 auf. Dieses Tier befand sich bei einer Sendung von 4 lebenden Tieren und fiel äußerlich durch sein im Vergleich zu seinen Art-

genossen wenig scheues Wesen auf, entsprach im übrigen aber in Körperform, Färbung und Haltung durchaus den Wildtieren. Bei der Verarbeitung wurde festgestellt, daß sich das Tier in fast allen Teilen (s. Muskel, Skelet usw.) den Maßen gleichgroßer zahmer Tiere näherte. Eine Nachfrage ergab, daß dieses Kaninchen jung eingefangen und längere Zeit in einem kleinen Gehege gehalten worden war.

Dies gibt uns Veranlassung auf die Frage hinzuweisen, die KLATT (9) ebenfalls stellt und an der Hand des Materials verwilderter Katzen und von in zoologischen Gärten aufgewachsenen Schakalen und Wölfen näher beleuchtet, nämlich: eine wie lange Zeit ist notwendig, um bei einem Tiere diese Reduktion des Hirnvolumens eintreten zu lassen? Bedarf es dazu einer viele Generationen hindurch wirkenden Domestikation? Er kommt zu dem Schlusse, daß diese Reduktion sehr schnell eintreten kann, also schon innerhalb einer Generation. Dieser Befund würde sich mit dem Obigen durchaus decken.

Daß der Grad der Reduktion beim Kaninchen ein verschiedener ist und sich hier gewisse Schwankungen zeigen, ist wahrscheinlich auf die verschiedene Haltung der Tiere zurückzuführen. Zwischen Hauskaninchen, die in enger dunkler Kiste gehalten werden, und solchen, die ihr Leben in größerem Auslauf verbringen können, wo ihnen zum Beispiel auch Gelegenheit gegeben würde, ihre Jungen in einer der Wildnis angepaßten Form unterzubringen, werden sich sicherlich Unterschiede im Gehirngewicht zeigen. Bei diesen Untersuchungen müssen sich auch an der Hand eines ausreichenden Materials größere Variationsbreiten hinsichtlich des Gehirngewichts beim Hauskaninchen feststellen lassen, da hier die beeinflussenden Bedingungen, die die Domestikation bieten kann, viel wechselnder sind als im Wildleben mit seinen für die einzelnen Individuen fast gleichen bestimmenden Einflüssen.

All diese Verhältnisse bringen KLATT (9) zu der Ansicht, daß die Abnahme des Gehirnvolumens in dem einen (s. Hauskaninchen), die Zunahme im andern Falle (s. verwilderte Katze) weniger das Resultat einer Generationen hindurch etwa in selektionistischer Weise erfolgenden Veränderung erblicher Qualitäten, sondern vielmehr als das Werk der funktionellen Anpassung des Individuums aufzufassen sei.

Eine Bestätigung dieser Annahme geben uns die Versuche DONALDSON's an Ratten, die besondere Anstrengungen machen mußten, um ihr Futter zu erreichen. Die Tiere mußten zur Futteraufnahme erst vielerlei Hindernisse überwinden. Als Resultat der Unter-

suchungen an diesen so vorbereiteten Tieren konnte er feststellen, daß das Gehirngewicht um rund 2,5 % zunahm, während das Rückenmarksgewicht sich als etwas geringer erwies. Diese letzte Erscheinung führt er darauf zurück, daß neben der geringen Gewichtsabnahme des Rückenmarks gleichzeitig eine etwas geringere Körperlänge festzustellen war.

Welche Verhältnisse finden wir nun beim Kaninchen bezüglich des Rückenmarksgewichts vor? Können wir die Feststellungen, die DONALDSON bei den Ratten machte — das Rückenmark zeigte ein relatives Mehrgewicht von 12 % bei der Wildratte —, auch für das Kaninchen bestätigen und in welchem Grade?

Tabelle 37 (s. Gesamttabelle XXV).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körpergewicht in g	Länge in cm	Alter in Monaten	Gehirngewicht in g	Gewicht des Rückenmarks in g	Verhältnis von Rückenmark zu Gehirn	Gewicht in %
1	W 76	+O	425	36	ca. 2—3	8,3	2,6	1:3,19	31
2	W 74	+O	940	42	ca. 4	9,6	3,25	1:2,95	34
3	W 75	+O ₃	1409	47	ausgewachsen	8,85	3,45	1:2,57	38
4	W 88	+O ₃	1437	46		10,53	3,88	1:2,7	37
5	W 85	+O	1477	48		10,49	3,93	1:2,67	38
6	W 84	+O	1522	47		10,75	3,79	1:2,84	35

Tabelle 37a (s. Gesamttabelle XXVa).

Hauskaninchen.

1	H 73	+O ₃	1240	43	19	7,45	3,18	1:2,34	43
2	H 89	+O ₃	1661	46	6 $\frac{1}{2}$	9,17	3,78	1:2,43	41
3	H 90	+O ₃	1694	46	7	8,12	3,55	1:2,29	44
4	H 82	+O ₃	1747	45,5	6 $\frac{1}{2}$	9,1	3,82	1:2,38	42
5	H 57	+O	2216	49,5	18	9,09	4,26	1:2,13	47
6	H 86	+O	2345	51	6 $\frac{1}{4}$	9,02	4,16	1:2,16	46
7	H 87	+O	2877	56	10	9,54	4,25	1:2,25	45
8	H 58	+O	4868	62	17	12,65	6,45	1:1,97	51
9	H 79	+O	5015	78	6	14,06	7,73	1:1,82	55

Die Tabelle zeigt einwandfrei, daß das Wildkaninchen im Vergleich zu seiner gleichschweren zahmen Form ein etwas schwereres Rückenmark hat. Im Durchschnitt beträgt dieses Mehr aber nur 4,03 %, bedeutend weniger also, als wir beim Gehirn feststellen konnten. Wir müssen demnach annehmen, daß die Reize, die das Rückenmark treffen — Leitung in zentripetaler und zentrifugaler Richtung, Reflexe — beim Wildkaninchen zwar vermehrt bzw. verstärkt sind, daß aber die im Anschluß daran zu leistende Mehrarbeit in keinem Verhältnis steht zu der erhöhten Gehirnarbeit.

Im einzelnen zeigt das Rückenmark beim Wildkaninchen ein absolutes Durchschnittsgewicht von 3,87 g, beim Hauskaninchen das von 3,72 g, annähernd gleichwertige Tiere vorausgesetzt.

Vergleichstabelle 38 (s. Tabelle 37).

Wildkaninchen.

Durchschnitt aus J.-No.	Gewicht des Rückenmarks in g	Verhältnis von Rückenmark zu Gehirn	Gewicht in %
W 88, W 85, W 84	3,87	1 : 2,74	37

Vergleichstabelle 38a (s. Tabelle 37a).

Hauskaninchen.

H 89, H 90, H 82	3,72	1 : 2,37	42
------------------	------	----------	----

Die Tabelle läßt ferner erkennen, daß sich beim Hauskaninchen mit zunehmendem Körpergewicht das Verhältnis von Gehirn- zum Rückenmarksgewicht in einer Weise verschiebt, die zeigt, daß bei großen Tieren die Abnahme des Rückenmarksgewichts nicht gleichen Schritt mit der des Gehirngewichts hält, daß wir also ein engeres Verhältnis, ein relatives Mehrgewicht des Rückenmarks feststellen können, das sich in folgenden Zahlen ausspricht: während beim Wildkaninchen das Rückenmark durchschnittlich 37 % des Gehirngewichts ausmacht, bei gleichgroßen Hauskaninchen 42 %, geht dieses bei den schwersten Hauskaninchen der Tabelle auf 55 % hinauf.

Bei den Untersuchungen des Gehirns schien es nicht ohne Interesse festzustellen, ob eine Verschiebung der Gehirnteile in ihrem Anteil am Gesamtgewicht eintritt. Zu diesem Zweck wurde das in Formalin konservierte und in 80 % Alkohol längere Zeit aufbewahrte Gehirn in 3 leicht zu isolierende Teile zerlegt und zwar 1. die beiden Hemisphären, 2. das Kleinhirn und 3. den Rest.

Vergleichstabelle 39 (s. Gesamttabelle XXVI u. XXVIa).

	Hemi- sphären in %	Kleinhirn in %	Rest in %
Wildkaninchen	60	14	26
Hauskaninchen	58	16	26

Die gewichtsmäßigen Feststellungen ergaben, daß bei dem aus sämtlichen Tieren gewonnenen Durchschnitt die beiden Hemisphären mit durchschnittlich 60 %, das Kleinhirn mit 14 % und der Rest mit 26 % am Gesamtgehirngewicht beteiligt sind. Unter gleichen Verhältnissen erhalten wir für das Hauskaninchen die Werte 57 %, 16 % und 27 %. Bei gleichschweren Tieren sind die Ergebnisse fast gleich.

Wir sehen mithin, daß das Großhirn beim Wildkaninchen mit einem höheren, das Kleinhirn mit dem entsprechend niedrigeren Prozentsatz am Gehirngesamtgewicht beteiligt ist, während der Rest volle Übereinstimmung zeigt.

Die Summe dieser Gehirnabschnitte ergibt ein etwas niedrigeres Gewicht, als das Gesamtgehirngewicht beträgt. Es ist diese Differenz auf den Verlust bei der Teilung an Gehirnsubstanz, Pia usw. zurückzuführen.

Eine andere Frage, die DONALDSON bei seinen Untersuchungen am Rattenhirn berücksichtigt hat, ist die, ob sich bezüglich des Wassergehalts des Gehirns in der Domestikation Unterschiede entwickeln. Er konnte an seinem bedeutend reichhaltigeren Material feststellen, daß bei gleichem Körpergewicht der Wassergehalt des Gehirns bei der Wildratte, die in diesem Falle allerdings jünger war, sich höher zeigte, daß er aber übereinstimmte bei gleichalterigen Tieren.

Der Vergleich jüngerer Tiere, in diesem Falle also auch gleichbedeutend mit nicht ausgewachsenen, birgt aber eine große Fehlerquelle, da jüngere Tiere in der Regel einen höheren Wassergehalt zeigen (s. auch in der Tabelle No. W 74, H 4 und vor allem No. H 39). Diese letzteren wurden ebenso wie No. H 73 und H 38 nicht berücksichtigt.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß wir den Berechnungen über den Wassergehalt des Gehirns nicht das Trocknungsverfahren, sondern das vielleicht unvollkommenere der Wasserentziehung durch 80 % Alkohol zugrunde legten.

Auf Grund dieses Verfahrens ist folgendes festzustellen. Das Gehirn des Wildkaninchens erleidet in 80 % Alkohol einen Gewichtsverlust von 30,8 %, das Hauskaninchen unter Berücksichtigung aller Tiere einen solchen von 34 % und, wenn mit dem Wildkaninchen gleichgroße Tiere in Betracht gezogen werden, den etwas erhöhten von 35,6 %. Wenn wir also diesem Gewichtsverlust in Alkohol einen Wasserverlust gleichsetzen dürfen, so ergibt sich beim Hauskaninchen

ein um ungefähr 5 % höherer Wasserverlust, mithin das umgekehrte Ergebnis, wie es DONALDSON bei den Ratten feststellen konnte. Auf die Fehlerquelle, die dieses Resultat mit Wahrscheinlichkeit bewirkt hat, haben wir schon oben hingewiesen. Zum einwandfreien Nachweis eines höheren Wassergehaltes beim Hauskaninchen wäre es natürlich erforderlich, an einem größeren Material die von DONALDSON angewandte Trocknung vorzunehmen.

Vergleichstabelle 40 (s. Gesamttabelle XXVIII).

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Gewicht des Auges in g	Gewicht in %
1	W 9	+O+O ₃ +O+O	} ausge- wachsen	1475,5	2,85	0,193
2	W 85			1477	2,45	0,166
3	W 10			1489,5	3,20	0,215
4	W 84			1522	2,77	0,182
5	W 83			1580	3,08	0,195
				Durchschnitt:	2,87	0,19

Vergleichstabelle 40a (s. Gesamttabelle XXVIII a).

Hauskaninchen.

1	H 5	$\begin{array}{c} +O_3+O_3+O_3+O_3+O_3 \\ +O_3+O_3+O_3+O_3+O_3 \end{array}$	ca. 6	1512	2,59	0,171
2	H 89		$6\frac{1}{2}$	1661	2,38	0,143
3	H 90		7	1694	2,22	0,131
4	H 7		ca. 6	1723	2,22	0,129
5	H 82		$6\frac{1}{2}$	1747	2,37	0,136
6	H 43		ca. 7	1765	2,38	0,135
7	H 42		12	1775	2,42	0,136
				Durchschnitt:	2,37	0,14

Die Feststellung des höheren Gehirngewichts der wild lebenden Tiere im Vergleich zu ihrer domestizierten Form legte die Frage nahe, ob auch die receptorischen Organe der Sinneseindrücke eine Veränderung im Gewicht erfahren. Daß die zahlenmäßige Feststellung der Anzahl der Geschmacksknospen vorläufig noch zurückgestellt werden muß, wurde schon erörtert. Die Ausdehnung der Riechschleimhaut im Maß sicher festzuhalten, bietet erhebliche Schwierigkeiten. Auch die übrigen Sinnesorgane bieten kein so abgegrenztes und wohlbestimmbares Gebiet wie das Auge, das sich für vorliegende Zwecke ausgezeichnet eignet. Die gewichtsmäßige Feststellung in dieser Richtung wurde an 26 zahmen und 13 Wild-

kaninchen vorgenommen, von denen 3 wegen zu geringen Alters ausgeschieden wurden (No. H 3, H 4 beim Hauskaninchen, und No. W 74 beim Wildkaninchen). Anfangs wurde das Auge jeder Seite gewogen. Da sich aber konstante Gewichtsunterschiede auf einer Seite nicht nachweisen ließen, so wurde nur das rechte Auge eines jeden Tieres präpariert.

Das absolute Durchschnittsgewicht betrug beim Wildkaninchen 2,87 g, dem bei gleichgroßen Hauskaninchen ein Gewicht von 2,37 entsprach, also ein Mehr von 21 % beim Wildtier.

Vergleichen wir mit diesem Resultat das Mehrgewicht, welches das Gehirn des Wildkaninchens aufweist, von 22 %, so können wir fast vollkommene Übereinstimmung feststellen. Sache der Histologie wird es sein zu untersuchen, inwieweit mit diesem erhöhten absoluten Gewicht eine Vermehrung der Stäbchen und Zapfen im Auge Hand in Hand geht, eine Untersuchung, die, nach den Gewichtsresultaten zu urteilen, zu einem positiven Ergebnis kommen müßte. Damit würden wir einen sicheren Einblick in die Beziehungen von receptorischen Organen und entsprechendem Gehirncentren bekommen.

Diese Übereinstimmung hat auch für das prozentuale Verhältnis volle Gültigkeit. Vergleichen wir die Tabellen, die einerseits das Gehirngewicht, andererseits das Gewicht des Auges angeben, so finden wir, daß mit steigendem Körpergewicht die Gewichte dieser Teile allmählich abfallen, ja noch mehr, daß dies in einem nahezu vollkommen übereinstimmendem Verhältnis geschieht. Man ziehe zum Vergleich die Werte von No. H 7 mit 0,508 % für das Gehirn und 0,129 % für das Auge heran und vergleiche hiermit No. H 44 mit 0,255 % und 0,066 % und ferner als weiteres typisches Beispiel No. H 42 und H 58 mit 0,531 % und 0,136 % bzw. 0,260 % und 0,067 %. Wir sehen aus diesen Beispielen, daß die Abnahme des Augengewichts beim domestizierten Kaninchen mit steigendem Körpergewicht einer übereinstimmenden Abnahme des Hirngewichts parallel läuft.

Zusammenfassung.

Fast alle diejenigen Organteile, die zur Untersuchung hauptsächlich herangezogen wurden, weil sie gemäß ihrer Aufgabe im Organismus des Wildtieres eine Besonderheit gegenüber denen des domestizierten Abkömmlings versprachen, zeigten also ein vermehrtes Gewicht auf Grund einer erhöhten Inanspruchnahme.

Wenn wir von der nicht ganz einwandfreien Feststellung absehen, daß die Wildkaninchen um ca. 1 cm länger sind als die gleichschweren Hauskaninchen und ihre Ohren um ca. 1,5 cm kürzer als bei diesen, so konnten wir zeigen, daß die Aufnahmefähigkeit sowohl des Magens wie des Blinddarms beim Wildtier größer ist, während im Verhältnis zum Magen der Blinddarm des Hauskaninchens einen größeren Inhalt aufnehmen kann. Der Darm (Dünn- u. Dickdarm) ist beim Wildkaninchen durchschnittlich $\frac{1}{2}$ m länger. Die durchschnittliche Inhaltsmenge von Magen und Darm zeigt sich dagegen beim Hauskaninchen höher. Das Wildkaninchen ist also in der Lage, in seinem Darmtraktus eine größere Menge Nahrung auf einmal aufzunehmen und zu verarbeiten. Dieser Befund würde sich mit der ungleichen Lebensweise beider Tiere decken. Das Hauskaninchen kann fortwährend Futter aufnehmen, während das Wildkaninchen mehr auf ein Fressen auf Vorrat, in der Regel in den Abendstunden, angewiesen ist.

Das Herzgewicht erwies sich als durchschnittlich 37,5% höher beim Wildkaninchen.

Was die Körpermuskulatur angeht, insbesondere die vorwiegend tätigen Gliedmaßenmuskeln, so war hier in der Regel ein Mehr an der Muskelmasse festzustellen in den Grenzen von 3—18%. Nur die Beuger des Unterarms zeigten ein Mehrgewicht beim Hauskaninchen, ebenso die Muskelgruppe flexor digit. comm., popliteus et peronaei und zwar diese um 10%.

Das lufttrockene, macerierte Skelet beteiligte sich mit 5,3% am Lebendgewicht, beim Hauskaninchen mit nur 4,3%.

Die mechanisch gereinigten Knochen der Gliedmaßen zeigten sich um 6—13% im Gewicht denen des Hauskaninchens überlegen.

Ein höherer Wassergehalt ließ sich an Scapula und Humerus beim Hauskaninchen nachweisen, während an Femur und Tibia ein umgekehrtes Verhältnis zu Tage trat.

Das Femur, das als einziger Knochen daraufhin untersucht wurde, wies beim Wildkaninchen mehr anorganische Bestandteile auf, ein Zeichen, daß beim Wildtier ein erhöhter Festigkeitsgrad verlangt wird.

Von den Teilen des Zentralnervensystems war das Gehirn ca. 22% schwerer beim Wildtier, eine gewaltige Zunahme. Sie ist der dauernden Aufnahme immer neuer Sinnesreize und deren Verarbeitung in der freien Wildbahn, den erhöhten Anforderungen, die zum Erwerb der Nahrung, zum Schutz gegen Feinde und Witterungsein-

flüsse zur Erhaltung der Jungen usw. an die Sinnesorgane gestellt werden, zuzuschreiben. Das Rückenmark überwog nur mit ca. 4 %.

In Alkohol (80 %) erlitt das Gehirn des Wildkaninchens einen Wasserverlust von 30,8 %, das des Hauskaninchens einen solchen von 35,6 %.

Das Auge war beim Wildkaninchen im Durchschnitt 21 % schwerer, zeigte mithin eine fast gleiche Gewichtszunahme wie das Gehirn und damit, daß die receptorischen Organe in ihrer Ausdehnung mit dem Wachstum ihrer Zentralsitze gleichen Schritt halten.

Wenn wir nun nachweisen konnten, daß fast alle die Teile, die beim Wildkaninchen vermehrt zur Tätigkeit herangezogen werden, ein höheres Gewicht zeigen als bei gleichgroßen Hauskaninchen, so müssen wir uns doch fragen, auf Kosten welcher Teile diese relative Zunahme stattgefunden hat.

Zunächst zeigte sich das Fell beim Hauskaninchen schwerer, der Darminhalt gleichfalls. Einige kleine Muskelgruppen wiesen ein höheres Gewicht auf, ohne allerdings das Gesamtgewicht nennenswert zu beeinflussen. Ein erhebliches Übergewicht wird aber der Masse des lockeren Bindegewebes zufallen in allen seinen Erscheinungsformen, zumal dieses beim Hauskaninchen die Neigung hat außerordentlich zu verfetten. Besonders bei den großen Rassen sieht man große Fettdepots auftreten.

Zum weiteren Gewichtsausgleich wären Leber und Lungen zu berücksichtigen und ferner die Blutmenge. Diesen Verhältnissen jedoch genauer nachzugehen, muß weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben, da die Vornahme solcher Untersuchungen die Verwertung der Tiere nach den für diese Arbeit maßgebenden Prinzipien ausschloß.

Wie schon des öfteren betont wurde, reicht für die Aufstellung einigermaßen sicherer Durchschnittswerte die Zahl der ca. 100 untersuchten Tiere bei weitem nicht aus, da das ungleichmäßige Material, die vielen Rassen und deren Kreuzungen beim Hauskaninchen, die Aufstellung gleichmäßiger Tabellen sehr erschwerte.

Es wäre deswegen für weitere Untersuchungen zu überlegen, ob der Vergleich mit nur einer, im Gewicht dem Wildkaninchen möglichst gleichenden Rasse (s. Hermelinkaninchen) nicht zweckmäßiger wäre und zu gleichmäßigeren Resultaten führen würde.

Allerdings würden dann die interessanten Ergebnisse, die sich aus der Zunahme des Körpergewichts beim Hauskaninchen herleiten, in Fortfall kommen.

Gesamttabelle I.
Verhältnis von Körpergewicht zu Fellgewicht beim Wildkaninchen.

Lfd. No	J.-No.	Geschlecht	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Fellgewicht in g	Gewicht in %	Art des Felles
1	W 74	+O	ca. 4	940	74	7,87	Sommer-Fell
2	W 52	+O	altes ♀	1019	102	10,0	S.F.
3	W 11	+O	älteres ♀	1273	106	8,3	S.F.
4	W 8	+O ₃	} ausgewachsen	1301	130	10,0	S.F.
5	W 49	+O ₃		1301	104	8,0	S.F.
6	W 51	+O ₃		1370	138	10,1	S.F.
7	W 48	+O ₃		1387	149	10,7	S.F.
8	W 75	+O ₃		1409	110	7,8	S.F.
9	W 88	+O ₃		1437	143	10,0	Winter-Fell
10	W 9	+O ₃		1476	151	10,2	S.F.
11	W 85	+O ₃		1477	132	8,9	W.F.
12	W 10	+O ₃		1490	163	10,9	S.F.
13	W 84	+O ₃		1522	120	7,9	W.F.
14	W 83	+O ₃		1581	136	8,6	W.F.
15	W 16	+O ₃		1686	223	13,3	W.F.
16	W 2	+O ₃		1738	180	10,4	S.F.

Durchschnitt: für ♂♂ 10,5%, für ♀♀ 9,0%.

Gesamttabelle Ia.
Verhältnis von Körpergewicht zu Fellgewicht beim Hauskaninchen.

1	H 73	+O ₃	19	1240	193	15,6	Sommer-Fell
2	H 3	+O ₃	ca. 5	1465	123	8,4	S.F.
3	H 4	+O ₃	ca. 6	1500	143	9,6	S.F.
4	H 5	+O ₃	ca. 6	1512	138	9,1	S.F.
5	H 89	+O ₃	6½	1661	152	9,2	Winter-Fell
6	H 90	+O ₃	7	1694	189	11,2	W.F.
7	H 7	+O ₃	ca. 6	1723	175	10,2	S.F.
8	H 82	+O ₃	6½	1747	202	11,6	W.F.
9	H 47	+O ₃	13	2062	182	8,8	S.F.
10	H 57	+O ₃	18	2216	186	8,4	S.F.
11	H 33	+O ₃	ca. 8	2225	264	11,9	W.F.
12	H 14	+O ₃	15	2245	306	13,2	W.F.
13	H 6	+O ₃	ca. 8	2268	233	10,1	S.F.
14	H 86	+O ₃	6¼	2345	211	9,0	W.F.
15	H 54	+O ₃	11	2350	365	15,5	S.F.
16	H 68	+O ₃	9½	2380	333	14,0	W.F.
17	H 61	+O ₃	ca. 12	2503	260	10,4	W.F.
18	H 81	+O ₃	9½	2695	443	16,4	W.F.
19	H 13	+O ₃	18	2741	387	14,1	S.F.
20	H 87	+O ₃	10	2877	287	10,0	W.F.
21	H 69	+O ₃	9½	3077	476	15,5	W.F.
22	H 64	+O ₃	12	3328	393	11,8	S.F.
23	H 58	+O ₃	17	4868	544	11,2	S.F.
24	H 50	+O ₃	ca. 12	4921	475	9,7	S.F.
25	H 79	+O ₃	6	5015	530	10,6	S.F.
26	H 60	+O ₃	12	6480	947	14,8	W.F.
27	H 55	+O ₃	14	7300	714	9,9	W.F.

Durchschnitt: für ♂♂ 12,4%, für ♀♀ 10,5%.

Gesamttabelle II.

Wildkaninchen.			Hauskaninchen.		
J.-No.	Gewicht in g	Gewicht in %	J.-No.	Gewicht in g	Gewicht in %
W.F. ♀			W.F. ♀		
85	1477	8,9	5	1512	9,2
84	1522	7,9	86	2345	9,0
83	1580	8,6	68	2380	14,0
	Durchschnitt:	8,5	61	2503	10,4
			87	2877	10,0
			55	7300	9,9
				Durchschnitt:	10,4
W.F. ♂			W.F. ♂		
88	1437	10,0	90	1694	11,2
16	1686	13,3	33	2225	11,9
	Durchschnitt:	11,7	14	2245	13,2
			81	2695	16,4
			60	6480	14,8
				Durchschnitt:	13,5
S.F. ♀			S.F. ♀		
52	1019	10,0	7	1723	10,2
11	1273	8,3	47	2062	8,8
49	1301	8,0	57	2216	8,4
9	1476	10,2	13	2741	14,1
16	1738	10,4	64	3328	11,8
	Durchschnitt:	9,4	58	4868	11,2
			50	4921	9,7
			79	5015	10,6
				Durchschnitt:	10,6
S.F. ♂			S.F. ♂		
8	1301	10,0	4	1500	9,6
51	1370	10,1	5	1512	9,1
48	1387	10,7	6	2268	10,1
75	1409	7,8	54	2550	15,5
10	1490	10,9		Durchschnitt:	11,1
	Durchschnitt:	9,9			
			Kastraten-W.F.		
			82	1747	11,6
			69	3077	15,5

Gesamttabelle III. Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Rauminhalt des Blind- darmes		Rauminhalt des Magens zu dem des Blind- darmes	Magen + Darm (leer) Gew. in g	Mageninhalt zum Körper- gewicht	Blinddarm- inhalt zum Körper- gewicht
1	W 12		873,5*	65	229	1:3,52	60,23	1:13,4	1:3,8
2	W 74		940*	52	201	1:3,87	72	1:18,1	1:4,7
3	W 11		1273*	95	212	1:2,23	98,3	1:13,4	1:6
4	W 8		1300,5	—	—	—	—	—	—
5	W 49		1301	68	132	1:1,93	52	1:19,1	1:9,9
6	W 25		1550	—	—	—	—	—	—
7	W 51		1370,2	45	150	1:3,33	62	1:30,1	1:9,1
8	W 48		1387	52	135	1:2,60	60	1:26,7	1:10,3
9	W 29		1400	—	—	—	66	—	—
10	W 75		1409	128	275	1:2,15	94	1:11	1:5,1
11	W 19		1430	—	—	—	59	—	—
12	W 88		1437	146	188	1:1,3	77	1:10	1:7,6
13	W 9		1476	—	—	—	76	—	—
14	W 10		1490	98	—	—	79	1:15,2	—
15	W 30		1510	136	190	1:1,4	74	1:11,1	1:8
16	W 20		1528	—	—	—	—	—	—
17	W 22		1582	160	203	1:1,27	76	1:9,9	1:7,8
18	W 27		1582	117	213	1:1,82	77	1:13,5	1:7,4
19	W 18		1588	—	—	—	68	—	—
20	W 24		1600	—	—	—	—	—	—
21	W 37		1620	173	250	1:1,45	72	1:9,4	1:6,5
22	W 26		1630	—	—	—	—	—	—
23	W 16		1686	—	—	—	70	—	—
24	W 35		1715	188	263	1:1,40	65	1:9,1	1:6,5
25	W 34		1720	213	280	1:1,31	83	1:8,1	1:6,1
26	W 31		1730	167	277	1:1,66	82	1:10,4	1:6,3
27	W 36		1735	177	285	1:1,33	77	1:9,8	1:7,4
28	W 28		1750	163	201	1:1,23	88	1:10,7	1:8,8
29	W 15		1750	134	256	1:1,91	87	1:13,1	1:6,8
			Durchschnitt: 1550	—	—	1:1,8	73	—	1:7,5
							4,7%		

Gesamtabelle IIIa. Hauskaninchen.

1*	73	1240	81	132	1:1,63	52	1:15,3	1:9,4
2*	H 3	1464,8	—	—	—	104,8	—	—
3	H 89	1661	112	302	1:2,7	—	1:14,8	1:5,5
4	H 90	1694	182	188	1:1,0	64	1:9,3	1:9
5	H 7	1723	—	—	—	—	—	—
6	H 82	1747	83	202	1:2,4	87*	1:21	1:8,6
7	H 43	1765	138	218	1:1,58	103	1:12,8	1:8,1
8	H 42	1775	92	155	1:1,69	75	1:19,3	1:11,5
9	H 32	1880	210	340	1:1,62	82	1:9	1:5,5
10	H 47	2062	117	247	1:2,11	92	1:17,6	1:8,4
11	H 57	2216	166	302	1:1,82	111	1:13,4	1:7,3
12	H 33	2225	369	423	1:1,15	104	1:6	1:5,3
13	H 14	2245	160	222	1:1,39	103	1:14	1:10
14	H 54	2350	108	196	1:1,81	77	1:21,8	1:12
15	H 68	2380	105	470	1:4,5*	150	1:22,7	1:5,1
16	H 38	2560	300	609	1:2	133	1:8,5	1:4,2
17	H 46	2575	223	350	1:1,57	119	1:11,5	1:7,4
18	H 81	2695	95	275	1:2,9	101	1:28,4	1:9,8
19	H 13	2741	350	395	1:1,13	156	1:7,8	1:7
20	H 87	2877	180	520	1:2,9	136	1:16	1:5,5
21	H 39	3070	242	717	1:2,96	164	1:12,7	1:4,3
22	H 45	3665	508	782	1:1,54	192	1:7,2	1:4,7
23	H 40	4250	337	542	1:1,61	164	1:12,6	1:7,8
24	H 44	4650	305	700	1:2,3	193	1:15,2	1:5,7
25	H 58	4868	376	812	1:2,16	249*	1:12,9	1:6
26	H 50	4921	477	743	1:1,56	136	1:10,3	1:6,6
27	H 79	5015	—	—	—	—	—	—
28	H 41	5050	506	439	1:0,87*	161	1:10	1:11,5
Durchschnitt: 2839			—	—	1:1,9	125	1:13,19	1:7,4
						4,4%		

Die mit * bezeichneten Angaben wurden bei den Durchschnittsberechnungen nicht berücksichtigt.

Gesamttable V a. Herzgewicht im Verhältnis zum Körpergewicht beim Hauskaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Herzgewicht in g	Gewicht in %
1*	H 73	+	1240	2,67	0,21
2*	H 3	+	1464,8	4,36	0,30
3	H 4	+	1500,2	3,40	0,23
4	H 89	+	1661	3,58	0,22
5	H 90	+	1694	3,93	0,23
6	H 7	+	1723	4,24	0,25
7	H 82	+	1747	3,82	0,22
8	H 43	+	1765	3,7	0,21
9	H 42	+	1775	4,04	0,23
10	H 32	+	1880	4,9	0,26
11	H 47	+	2062	4,42	0,22
12	H 57	+	2216	5,26	0,24
13	H 33	+	2225	5,55	0,25
14	H 14	+	2245	5,48	0,24
15	H 6	+	2268	6,17	0,27
16	H 68	+	2277	5,1	0,22
17	H 86	+	2345	4,37	0,19
18	H 54	+	2350	4,82	0,21
19	H 68	+	2380	5,1	0,21
20	H 38	+	2560	6,16	0,24
21	H 46	+	2575	5,73	0,22
22	H 81	+	2695	5,6	0,21
23	H 13	+	2741	6,93	0,25
24	H 87	+	2877	6,44	0,22
25	H 39	+	3070	7,8	0,25
26*	H 72	+	3310	9,78	0,30
27	H 45	+	3665	8,55	0,23
28	H 40	+	4250	9,44	0,22
29	H 44	+	4650	11,07	0,24
30	H 58	+	4868	12,3	0,25
31	H 79	+	5015	10,27	0,20
32	H 41	+	5050	11,8	0,23
33	H 55	+	7300	19,08	0,26

Durchschnitt: 0,23

Gesamttable V. Herzgewicht im Verhältnis zum Körpergewicht beim Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Herzgewicht in g	Gewicht in %
1*	W 52	+	1019	3,68	0,36
2*	W 11	+	1273	6,02	0,47
3	W 8	+	1300,5	3,96	0,30
4	W 49	+	1301	5,06	0,39
5	W 21	+	1330	3,97	0,30
6	W 25	+	1350	3,79	0,28
7	W 51	+	1370,2	5,4	0,39
8	W 48	+	1387	5,24	0,38
9	W 29	+	1400	4,76	0,34
10*	W 75	+	1409	2,98	0,21
11	W 19	+	1430	4,8	0,34
12	W 88	+	1437	4,27	0,30
13	W 9	+	1475,5	5,1	0,35
14	W 85	+	1477	4,33	0,29
15	W 10	+	1489,5	5,08	0,34
16	W 30	+	1510	5,36	0,36
17	W 84	+	1522	4,51	0,30
18	W 20	+	1528	4,28	0,28
19	W 83	+	1580	5,25	0,33
20	W 22	+	1582	4,54	0,29
21	W 27	+	1582	4,37	0,28
22	W 24	+	1600	5,12	0,32
23	W 37	+	1620	5,46	0,34
24	W 16	+	1686	5,09	0,30
25	W 35	+	1715	5,98	0,35
26	W 23	+	1715	5,02	0,29
27	W 34	+	1720	6,96	0,40
28	W 31	+	1730	5,51	0,32
29	W 2	+	1737,5	4,47	0,26
30	W 15	+	1750	5,1	0,29
31	W 28	+	1750	5,4	0,31
32	W 17	+	1797	5,55	0,31

Durchschnitt: 0,32

Gesamttabelle VI.

Verhältnis von *M. latissimus dorsi* zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht des M. lat. dorsi in g	Gewicht in %
1*	W 74	O ₃ O ₂ + O ₃ O ₂ + O ₃ O ₂ + O		940	2,67	0,28
2	W 11			1273	3,24	0,26
3	W 8			1300,5	4,56	0,25
4	W 49			1311,5	4,12	0,32
5	W 51			1370,2	4,64	0,34
6	W 48			1387	4,7	0,34
7*	W 75			1409	3,73	0,26
8	W 9			1475,5	4,16	0,28
9	W 10			1489,5	4,39	0,30
10	W 16			1686	6,6	0,39
					Durchschnitt: 0,31	

Gesamttabelle VIa.

Hauskaninchen.

1*	H 73		1240	5,53	0,40
2	H 3		1464,8	3,23	0,22
3	H 4		1500,2	4,07	0,27
4	H 5		1512	3,62	0,24
5	H 7		1723	3,77	0,22
6	H 47		2062	5,12	0,25
7*	H 57		2216	8,34	0,38
8	H 33		2225	4,85	0,22
9	H 14		2245	6,39	0,28
10	H 6		2268	6,04	0,27
11	H 54		2350	7,73	0,33
12	H 13		2741	8,24	0,30
13	H 58		4868	15,85	0,33
				Durchschnitt:	0,27

Gesamttabelle VII.

Verhältnis von *M. serratus anterior* zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gewicht des <i>M. serrat. ant.</i> in g	Gewicht in %
1	W 74	O ₁ O ₂ + O ₃ O ₄ + O ₅ O ₆ + O ₇ O ₈ + O ₉ O ₁₀ + O ₁₁ O ₁₂ + O ₁₃ O ₁₄ + O ₁₅ O ₁₆ + O ₁₇ O ₁₈ + O ₁₉ O ₂₀ + O ₂₁ O ₂₂ + O ₂₃ O ₂₄ + O ₂₅ O ₂₆ + O ₂₇ O ₂₈ + O ₂₉ O ₃₀ + O ₃₁ O ₃₂ + O ₃₃ O ₃₄ + O ₃₅ O ₃₆ + O ₃₇ O ₃₈ + O ₃₉ O ₄₀ + O ₄₁ O ₄₂ + O ₄₃ O ₄₄ + O ₄₅ O ₄₆ + O ₄₇ O ₄₈ + O ₄₉ O ₅₀ + O ₅₁ O ₅₂ + O ₅₃ O ₅₄ + O ₅₅ O ₅₆ + O ₅₇ O ₅₈ + O ₅₉ O ₆₀ + O ₆₁ O ₆₂ + O ₆₃ O ₆₄ + O ₆₅ O ₆₆ + O ₆₇ O ₆₈ + O ₆₉ O ₇₀ + O ₇₁ O ₇₂ + O ₇₃ O ₇₄ + O ₇₅ O ₇₆ + O ₇₇ O ₇₈ + O ₇₉ O ₈₀ + O ₈₁ O ₈₂ + O ₈₃ O ₈₄ + O ₈₅ O ₈₆ + O ₈₇ O ₈₈ + O ₈₉ O ₉₀ + O ₉₁ O ₉₂ + O ₉₃ O ₉₄ + O ₉₅ O ₉₆ + O ₉₇ O ₉₈ + O ₉₉ O ₁₀₀	940	3,4	0,36
2	W 11		1273	4,52	0,36
3	W 8		1300,5	5,7	0,44
4	W 49		1301	5,52	0,42
5	W 51		1370,2	5,93	0,43
6	W 48		1387	5,17	0,37
7	W 75		1409	4,25	0,30
8	W 88		1437	5,24	0,37
9	W 9		1475,5	5,87	0,40
10	W 85		1477	4,80	0,33
11	W 10		1489,5	5,45	0,37
12	W 16		1686	7,53	0,45

Durchschnitt: 0,39

Gesamttabelle VIIa.

Hauskaninchen.

1	H 73	O ₁ O ₂ + O ₃ O ₄ + O ₅ O ₆ + O ₇ O ₈ + O ₉ O ₁₀ + O ₁₁ O ₁₂ + O ₁₃ O ₁₄ + O ₁₅ O ₁₆ + O ₁₇ O ₁₈ + O ₁₉ O ₂₀ + O ₂₁ O ₂₂ + O ₂₃ O ₂₄ + O ₂₅ O ₂₆ + O ₂₇ O ₂₈ + O ₂₉ O ₃₀ + O ₃₁ O ₃₂ + O ₃₃ O ₃₄ + O ₃₅ O ₃₆ + O ₃₇ O ₃₈ + O ₃₉ O ₄₀ + O ₄₁ O ₄₂ + O ₄₃ O ₄₄ + O ₄₅ O ₄₆ + O ₄₇ O ₄₈ + O ₄₉ O ₅₀ + O ₅₁ O ₅₂ + O ₅₃ O ₅₄ + O ₅₅ O ₅₆ + O ₅₇ O ₅₈ + O ₅₉ O ₆₀ + O ₆₁ O ₆₂ + O ₆₃ O ₆₄ + O ₆₅ O ₆₆ + O ₆₇ O ₆₈ + O ₆₉ O ₇₀ + O ₇₁ O ₇₂ + O ₇₃ O ₇₄ + O ₇₅ O ₇₆ + O ₇₇ O ₇₈ + O ₇₉ O ₈₀ + O ₈₁ O ₈₂ + O ₈₃ O ₈₄ + O ₈₅ O ₈₆ + O ₈₇ O ₈₈ + O ₈₉ O ₉₀ + O ₉₁ O ₉₂ + O ₉₃ O ₉₄ + O ₉₅ O ₉₆ + O ₉₇ O ₉₈ + O ₉₉ O ₁₀₀	1240	4,78	0,39
2	H 3		1464,8	5,82	0,40
3	H 5		1512	5,87	0,39
4	H 89		1661	4,97	0,30
5	H 90		1694	5,2	0,31
6	H 7		1723	4,83	0,28
7	H 82		1747	5,0	0,29
8	H 47		2062	6,03	0,31
9	H 57		2216	4,08	0,22
10	H 33		2225	6,73	0,30
11	H 14		2245	7,84	0,35
12	H 6		2268	7,84	0,34
13	H 54		2350	10,05	0,43
14	H 13		2741	9,17	0,33
15	H 87		2877	11,7	0,41
16	H 58		4868	18,83	0,39
17	H 79		5015	21,48	0,43

Durchschnitt: 0,34

- Gesamttabelle VIII.

Verhältnis von Mm. pectorales und deltoideus zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht der Mm. pect. u. deltoideus in g	Gewicht in %
1	W 74	O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄ +O ₅ +O ₆ +O ₇ +O ₈ +O ₉ +O ₁₀ +O ₁₁ +O ₁₂ +O ₁₃ +O ₁₄ +O ₁₅ +O ₁₆ +O ₁₇ +O ₁₈ +O ₁₉ +O ₂₀ +O ₂₁ +O ₂₂ +O ₂₃ +O ₂₄ +O ₂₅ +O ₂₆ +O ₂₇ +O ₂₈ +O ₂₉ +O ₃₀ +O ₃₁ +O ₃₂ +O ₃₃ +O ₃₄ +O ₃₅ +O ₃₆ +O ₃₇ +O ₃₈ +O ₃₉ +O ₄₀ +O ₄₁ +O ₄₂ +O ₄₃ +O ₄₄ +O ₄₅ +O ₄₆ +O ₄₇ +O ₄₈ +O ₄₉ +O ₅₀ +O ₅₁ +O ₅₂ +O ₅₃ +O ₅₄ +O ₅₅ +O ₅₆ +O ₅₇ +O ₅₈ +O ₅₉ +O ₆₀ +O ₆₁ +O ₆₂ +O ₆₃ +O ₆₄ +O ₆₅ +O ₆₆ +O ₆₇ +O ₆₈ +O ₆₉ +O ₇₀ +O ₇₁ +O ₇₂ +O ₇₃ +O ₇₄ +O ₇₅ +O ₇₆ +O ₇₇ +O ₇₈ +O ₇₉ +O ₈₀ +O ₈₁ +O ₈₂ +O ₈₃ +O ₈₄ +O ₈₅ +O ₈₆ +O ₈₇ +O ₈₈ +O ₈₉ +O ₉₀ +O ₉₁ +O ₉₂ +O ₉₃ +O ₉₄ +O ₉₅ +O ₉₆ +O ₉₇ +O ₉₈ +O ₉₉ +O ₁₀₀	ca. 4	940	6,2	0,66
2	W 11		älteres ♀	1273	7,5	0,59
3	W 8		} ausge- wachsen	1300,5	10,29	0,79
4	W 49			1301	8,75	0,67
5	W 51			1370,2	9,84	0,72
6	W 48			1387	9,91	0,71
7	W 75			1409	8,12	0,58
8	W 83			1437	9,74	0,58
9	W 9			1475,5	10,38	0,70
10	W 85			1477	8,72	0,59
11	W 10			1489,5	9,79	0,66
12	W 84			1522	10,28	0,60
13	W 83			1580	11,13	0,70
14	W 16			1686	12,55	0,74
					Durchschnitt:	0,61

Gesamttabelle VIIIA.

Hauskaninchen.

1*	H 73	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄ O ₅ O ₆ O ₇ O ₈ O ₉ O ₁₀ O ₁₁ O ₁₂ O ₁₃ O ₁₄ O ₁₅ O ₁₆ O ₁₇ O ₁₈ O ₁₉ O ₂₀ O ₂₁ O ₂₂ O ₂₃ O ₂₄ O ₂₅ O ₂₆ O ₂₇ O ₂₈ O ₂₉ O ₃₀ O ₃₁ O ₃₂ O ₃₃ O ₃₄ O ₃₅ O ₃₆ O ₃₇ O ₃₈ O ₃₉ O ₄₀ O ₄₁ O ₄₂ O ₄₃ O ₄₄ O ₄₅ O ₄₆ O ₄₇ O ₄₈ O ₄₉ O ₅₀ O ₅₁ O ₅₂ O ₅₃ O ₅₄ O ₅₅ O ₅₆ O ₅₇ O ₅₈ O ₅₉ O ₆₀ O ₆₁ O ₆₂ O ₆₃ O ₆₄ O ₆₅ O ₆₆ O ₆₇ O ₆₈ O ₆₉ O ₇₀ O ₇₁ O ₇₂ O ₇₃ O ₇₄ O ₇₅ O ₇₆ O ₇₇ O ₇₈ O ₇₉ O ₈₀ O ₈₁ O ₈₂ O ₈₃ O ₈₄ O ₈₅ O ₈₆ O ₈₇ O ₈₈ O ₈₉ O ₉₀ O ₉₁ O ₉₂ O ₉₃ O ₉₄ O ₉₅ O ₉₆ O ₉₇ O ₉₈ O ₉₉ O ₁₀₀	19	1240	9,74	0,79
2	H 3		ca. 5	1464,8	8,79	0,60
3	H 4		ca. 6	1500,2	7,39	0,49
4	H 5		ca. 6	1512	9,29	0,61
5	H 89		6 ¹ / ₂	1661	10,14	0,61
6	H 90		7	1694	10,88	0,64
7	H 7		ca. 6	1723	8,07	0,47
8	H 82		6 ¹ / ₂	1747	10,32	0,59
9	H 47		13	2062	12,7	0,62
10	H 57		18	2216	13,38	0,60
11	H 33		ca. 8	2225	11,67	0,52
12	H 14		15	2245	13,94	0,62
13*	H 6		ca. 8	2268	10,09	0,45
14	H 86		6 ¹ / ₄	2345	12,2	0,52
15	H 54		11	2350	17,65	0,75
16	H 13		18	2741	16,85	0,61
17	H 87		10	2877	19,24	0,67
18	H 58		17	4868	32,35	0,66
19	H 79		6	5015	32,67	0,65
					Durchschnitt:	0,61

Gesamttabelle IX.

Gesamttabelle IXa.

Mm. teres maior und minor.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1*	940	2,68	—
2*	1273	2,9	—
3	1301	3,49	0,27
4	1370	4,33	0,32
5	1387	4,21	0,30
6*	1409	3,26	0,23
7	1490	3,84	0,26
8	1686	4,55	0,27
Durchschnitt: 0,28			

Hauskaninchen.

Lfd. No.	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1	1240	3,3	—
2	2062	3,98	0,19
3	2216	4,43	0,20
4	2225	4,04	0,18
5	2245	4,97	0,22
6	2350	5,85	0,25
7	2741	6,68	0,24
8	4868	10,17	0,21
9	6480	11,31	0,17
Durchschnitt: 0,21			

Gesamttabelle X.

Gesamttabelle Xa.

Mm. supra- und infraspinatus.

1*	940	5,52	—
2*	1273	7,07	—
3	1301	7,66	0,59
4	1370	8,22	0,60
5	1387	8,03	0,58
6*	1409	6,53	0,46
7	1490	7,91	0,53
8	1686	9,55	0,57
Durchschnitt: 0,57			

1	1240	6,55	—
2	2012	8,77	0,44
3	2216	8,75	0,40
4	2225	8,87	0,40
5	2245	9,4	0,42
6	2350	11,65	0,50
7	2741	11,98	0,44
8	4868	21,9	0,45
9	6480	32,39	0,50
Durchschnitt: 0,44			

Gesamttabelle XI.

Gesamttabelle XIa.

Gewicht der Vordergliedmaße.

1	1273	46,81	3,68
2	1301	49,52	3,81
3	1370	55,14	4,03
4	1387	53,47	3,86
5	1490	53,6	3,60
Durchschnitt: 3,8			

1	2012	59,3	2,95
2	2225	67,83	3,05
3	2245	67,4	3,00
4	2350	81,8	3,48
5	2741	86,75	3,17
6	6480	159,72	2,47
Durchschnitt: 3,02			

Gesamttabelle XII.

Verhältnis von Mm. biceps und brachialis zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Gewicht des Körpers in g	Gewicht d. Mm. in g	Gewicht in %
1	W 11	O ₃ +O ₄ +O ₅ +O ₆ +O ₇ +O ₈ +O ₉ +O ₁₀	ausge- wachsen	1273	1,79	1,41
2	W 8			1300,5	1,94	1,49
3	W 49			1301	1,91	1,47
4	W 51			1370,2	1,88	1,37
5	W 48			1387	1,7	1,23
6	W 75			1409	1,9	1,35
7	W 88			1437	2,02	1,41
8	W 9			1475,5	2,09	1,42
9	W 85			1477	1,8	1,22
10	W 10			1489,5	2,15	1,44
11	W 84			1522	2,40	1,58
12	W 83			1580	2,17	1,37
13	W 12			1686	2,32	1,38
					Durchschnitt: 1,4	

Gesamttabelle XIIa.

Hauskaninchen.

1	H 89	} ausge- wachsen	1661	2,05	1,23
2	H 90		1694	2,15	1,27
3	H 82		1747	2,13	1,22
4	H 47		2062	2,56	1,24
5	H 57		2216	2,53	1,14
6	H 33		2225	2,97	1,33
7	H 14		2245	2,67	1,19
8	H 6		2268	3,04	1,34
9	H 86		2345	2,58	1,10
10	H 54		2350	3,23	1,37
11	H 13		2741	3,22	1,17
12	H 87		2877	3,35	1,16
13	H 58		4868	5,73	1,18
14	H 60		6480	6,94	1,07
15	H 55		7300	8,65	1,19
			Durchschnitt: 1,21		

Gesamttabelle XIII.

Mm. anconaei.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Gewicht in g	Gewicht des Muskels in g	Körpergewicht in %
1	W 74	O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃	940	6,52	0,66
2	W 11		1273	7,8	0,61
3	W 8		1300,5	8,64	0,66
4	W 49		1301	8,41	0,65
5	W 51		1370,2	8,85	0,64
6	W 48		1387	8,33	0,60
7	W 75		1409	7,47	0,53
8	W 88		1437	8,14	0,57
9	W 9		1475,5	9,22	0,63
10	W 85		1477	8,41	0,57
11	W 10		1489,5	8,76	0,59
12	W 84		1522	10,58	0,70
13	W 83		1580	10,14	0,64
14	W 16		1686	9,87	0,59
Durchschnitt:					0,61

Gesamttabelle XIIIa.

Hauskaninchen.

1	H 73	O_3 O_3	1240	7,51	0,61
2	H 3		1464,8	6,66	0,45
3	H 4		1500,2	7,07	0,47
4	H 5		1512	8,95	0,59
5	H 89		1661	8,69	0,52
6	H 90		1694	8,83	0,52
7	H 7		1723	7,71	0,45
8	H 82		1747	8,78	0,50
9	H 47		2062	9,77	0,47
10	H 57		2216	10,12	0,46
11	H 33		2225	11,58	0,52
12	H 14		2245	11,02	0,50
13	H 6		2268	12,24	0,54
14	H 86		2345	11,12	0,47
15	H 54		2350	12,93	0,55
16	H 13		2741	14,8	0,54
17	H 87		2877	13,92	0,48
18	H 58		4868	25,04	0,51
19	H 50		4920	23,8	0,48
20	H 60		6400	33,91	0,52
21	H 55		7300	36,69	0,50
Durchschnitt: 0,51					

Gesamttabelle XIV.

Verhältnis von Mm. gracilis und sartorius zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Gewicht d. Mm. in g	Gewicht in %
1*	W 74	+O	ca. 4	940	2,17	0,23
2	W 11	+O	älteres ♀	1273	2,35	0,18
3	W 8	+O ₃ +O	} ausge- wachsen	1300,5	3,69	0,28
4	W 49	+O ₃ +O		1301	2,99	0,23
5	W 51	O ₃ O ₃		1370,2	3,04	0,22
6	W 48	O ₃ O ₃		1387	3,1	0,22
7	W 75	O ₃ O ₃		1409	3,73	0,26
8	W 88			1437	2,63	0,18
9	W 9	+O		1475,5	3,71	0,25
10	W 85	+O		1477	2,31	0,16
11	W 10	O ₃ O ₃		1489,5	3,11	0,21
12	W 16			1686	3,86	0,23
Durchschnitt:						0,22

Gesamttabelle XIVa.

Hauskaninchen.

1*	H 73		19	1240	2,58	0,21
2*	H 3	ca. 5		1465	2,5	0,17
3*	H 4	ca. 6		1500,2	2,49	0,17
4	H 5	ca. 6		1512	2,79	0,18
5	H 89	$6\frac{1}{2}$		1661	3,32	0,20
6	H 90	7		1694	2,96	0,18
7	H 7	ca. 6		1723	2,77	0,16
8	H 82	$6\frac{1}{2}$		1747	3,25	0,19
9	H 47	13		2062	3,72	0,18
10	H 57	18		2216	3,86	0,17
11	H 33	ca. 8		2225	3,4	0,15
12	H 14	15		2245	3,95	0,18
13	H 6	ca. 8		2268	3,90	0,17
14	H 86	$6\frac{1}{4}$		2345	3,22	0,13
15	H 54	11		2350	4,94	0,21
16	H 13	18		2741	4,2	0,15
17	H 87	10		2877	4,86	0,17
18	H 58	17		4868	9,68	0,20
19	H 79	6		5015	7,83	0,16
20	H 60	12		6480	9,33	0,14
21	H 55	14		7300	10,96	0,15
	+O ₃ +O+H+CO+O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃					
					Durchschnitt:	0,17

Gesamttabelle XV.

Verhältnis von Mm. adductores u. pectineus zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1	W 74	940	16,04	1,71
2	W 11	1273	16,32	1,28
3	W 49	1300,5	21,21	1,63
4	W 51	1370,2	18,62	1,36
5	W 48	1387	19,74	1,42
6	W 75	1409	18,15	1,29
7	W 9	1475,5	24,59	1,67
8	W 85	1477	17,22	1,75
9	W 10	1489,5	20,12	1,35
10	W 16	1686	23,77	1,41

Durchschnitt: 1,49

Gesamttabelle XV a. Hauskaninchen.

1	H 73	1240	18,35	1,48
2	H 89	1661	22,6	1,36
3	H 90	1694	22,71	1,34
4	H 7	1723	20,33	1,18
5	H 47	2062	24,07	1,17
6	H 57	2216	29,63	1,34
7	H 33	2225	25,75	1,16
8	H 14	2245	25,97	1,16
9	H 54	2350	29,4	1,25
10	H 86	2345	26,3	1,12
11	H 63	2741	32,29	1,18
12	H 87	2877	33,62	1,17
13	H 58	4868	60,83	1,25

Durchschnitt: 1,24

Gesamttabelle XVI. Verhältnis der Mm. glutaei zum Körpergewicht. Wildkaninchen.

1*	W 74	940	6,72	0,71
2	W 11	1273	8,71	0,68
3	W 8	1300,5	9,97	0,77
4	W 49	1301	10,35	0,80
5	W 51	1370	11,17	0,82
6	W 48	1387	11,41	0,82
7	W 75	1409	9,35	0,66
8	W 9	1475	11,31	0,77
9	W 10	1490	9,68	0,65
10	W 16	1686	11,93	0,71

Durchschnitt: 0,74

Gesamttabelle XVI a. Hauskaninchen.

1*	H 73	1240	8,97	0,72
2*	H 5	1512	11,34	0,75
3	H 7	1723	9,94	0,58
4	H 47	2062	11,75	0,57
5	H 57	2216	13,70	0,71
6	H 33	2225	13,2	0,59
7	H 14	2245	13,96	0,62
8	H 54	2350	17,5	0,74
9	H 13	2741	18,83	0,69
10	H 58	4868	31,4	0,64

Durchschnitt: 0,64

Gesamttabelle XVII.

Verhältnis von Mm. tensor fasciae latae und quadriceps
zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in g
1*	W 74	O ₃ + O	ca. 4	940	20,4	2,17
2	W 11	O ₃ O ₃ O ₃ + O + O ₃ O ₃ + O _{3</}				

Gesamttabelle XVIIa.

Hauskaninchen.

1*	H 73	O ₃ H ₂ O ₂ O ₃
----	------	---

Gesamttabelle XVIII.

Verhältnis von Mm. biceps, semimembranosus und semitendinosus
zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1*	W 4	O	ca. 4	940	21,98	2,34
2	W 11	O ₃		1273	23,28	1,83
3	W 8	O ₃ + O		1300,5	28,66	2,20
4	W 49	O ₃ + O		1311	25,85	1,99
5	W 51	O ₃ + O		1370,2	25,66	1,87
6	W 48	O ₃ + O		1387	26,76	1,93
7	W 75	O ₃ + O		1409	21,85	1,55
8	W 88	O ₃ + O	ausge- wachsen	1437	25,21	1,75
9	W 9	O ₃ + O		1475,5	32,37	2,19
10	W 85	O ₃ + O		1477	25,87	1,75
11	W 10	O ₃ + O		1489,5	28,06	1,88
12	W 84	O ₃ + O		1522	30,58	2,01
13	W 83	O ₃ + O		1580	36,5	2,31
14	W 16	O ₃ + O		1686	31,94	1,89
Durchschnitt:						1,94

Gesamttabelle XVIIIa.

Hauskaninchen.

[illegible]

Gesamttabelle XIX.

Verhältnis von Mm. triceps surae und plantaris zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1*	W 74	+O +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃	940	7,38	0,89
2	W 11		1273	9,33	0,73
3	W 8		1300,5	9,01	0,69
4	W 49		1301	8,79	0,68
5	W 51		1370,2	8,63	0,63
6	W 48		1387	8,77	0,63
7	W 75		1409	9,24	0,66
8	W 88		1437	8,35	0,58
9	W 9		1475,5	10,95	0,74
10	W 85		1477	9,46	0,64
11	W 10		1489,5	9,17	0,62
12	W 84		1522	10,50	0,69
13	W 83		1580	12,30	0,78
				Durchschnitt:	0,67

Gesamttabelle XIXa.

Hauskaninchen.

1*	H 73	+O +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃ +O ₃	1240	7,97	0,64
2*	H 3		1464,8	8,55	0,58
3*	H 4		1500,2	7,65	0,51
4	H 5		1512	9,22	0,61
5	H 89		1661	10,0	0,62
6	H 90		1694	9,6	0,57
7	H 7		1723	9,57	0,56
8	H 82		1747	10,4	0,60
9	H 47		2062	12,19	0,59
10	H 57		2216	12,11	0,55
11	H 33		2225	12,94	0,58
12	H 14		2245	11,65	0,52
13	H 86		2345	12,59	0,54
14	H 54		2350	17,72	0,75
15	H 13		2741	16,52	0,60
16	H 87		2877	15,32	0,53
17	H 58		4868	29,9	0,61
18*	H 60		6480	25,72	0,40
19	H 55		7300	37,15	0,51
				Durchschnitt:	0,58

Gesamttafel XX. Verhältnis von Mm. extensor dig. comm. und tibialis anterior zum Körpergewicht. Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Geschl.	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Gewicht der Mm. in g	Gewicht in %
1*	W 74	O	ca. 4	940	2,38	0,25
2	W 11	O ₃ + O		1273	2,84	0,22
3	W 8	O ₃ + O		1300,5	2,49	0,19
4	W 49	O ₃ + O		1301	2,54	0,20
5	W 51	O ₃ + O		1370,2	2,80	0,20
6	W 48	O ₃ + O		1387	3,04	0,22
7	W 75	O ₃ + O	ausgewachsen	1409	2,75	0,20
8	W 88	O ₃ + O		1437	2,89	0,20
9	W 9	O ₃ + O		1475,5	3,33	0,23
10	W 85	O ₃ + O		1477	2,90	0,20
11	W 10	O ₃ + O		1489,5	3,07	0,21
					Durchschnitt:	0,21

Gesamttabelle XXa. Hauskaninchen.

1*	H 73	19	1240	2,65	0,21
2	H 3	ca. 5	1468,8	2,67	0,18
3	H 4	ca. 6	1500,2	2,35	0,16
4	H 5	ca. 6	1512	3,07	0,20
5	H 89	$6\frac{1}{2}$	1661	3,04	0,18
6	H 90	7	1694	3,01	0,18
7	H 82	$6\frac{1}{2}$	1747	3,12	0,18
8	H 47	13	2062	3,47	0,17
9	H 7	18	2216	3,42	0,15
10	H 33	ca. 8	2225	4,09	0,18
11	H 14	15	2245	3,40	0,15
12	H 86	$6\frac{1}{4}$	2345	3,48	0,15
13	H 54	11	2350	5,00	0,21
14	H 13	18	2741	5,21	0,19
15	H 87	10	2877	4,28	0,15
16	H 58	17	4868	8,50	0,18
				Durchschnitt:	0,17

Gesamttabelle XXI. Verhältnis der Mm. flex. dig. communis, popliteus und peronei zum Körpergewicht. Wildkaninchen.

1*	W 74		ca. 4	940	3,15	0,34
2	W 11			1273	4,15	0,33
3	W 49			1301	3,84	0,30
4	W 51			1370,2	3,87	0,28
5	W 48			1387	4,01	0,29
6	W 75		ausge- wachsen	1409	3,54	0,25
7	W 88			1437	3,88	0,27
8	W 9			1475,5	4,33	0,29
9	W 85			1477	4,02	0,27
10	W 10	O ₃ +H ₂ O+O ₂		1489,5	3,61	0,24
					Durchschnitt:	0,28

Gesamttabelle XXIa. Hauskaninchen.

1*	H 73		19	1240	3,65	0,29
2	H 3		ca. 5	1464,8	3,87	0,26
3	H 4		ca. 6	1500,2	3,75	0,25
4	H 89		6 $\frac{1}{2}$	1661	4,35	0,26
5	H 90		7	1694	4,15	0,25
6	H 82		6 $\frac{1}{2}$	1747	4,58	0,26
7	H 47		13	2062	5,78	0,28
8	H 57		18	2216	4,92	0,22
9	H 33		ca. 8	2225	5,2	0,23
10	H 14		15	2245	5,16	0,23
11	H 86		6 $\frac{1}{4}$	2345	5,24	0,22
12	H 54		11	2350	6,55	0,28
13	H 13		18	2741	6,98	0,25
14	H 87		10	2877	6,4	0,22
15	H 58		17	4868	10,3	0,21
					Durchschnitt:	0,24

Gesamttabelle XXII.
Verhältnis von Skelet zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körpergewicht in g	Skeletgewicht in g	Gewicht in %
1*	W 76		ca. 2	425	30,38	7,15
2*	W 12		ca. 3—4	873,5	55,8	6,35
3	W 74		ca. 4	940	56,03	5,96
4*	W 52		älteres ♀	1019	69,84	6,85
5	W 11			1273	72,2	5,67
6	W 8			1300,5	75,61	5,81
7*	W 49			1301	43,88	3,37
8	W 51			1370,2	83,47	6,09
9	W 48			1387	79,72	5,75
10*	W 75			1409	63,19	4,49
11	W 88			1437	73,13	5,09
12	W 9			1475,5	86,74	5,88
13	W 85			1477	81,47	5,38
14	W 10			1489,5	89,16	5,99
15	W 84			1522	78,69	5,17
16	W 16			1686	79,2	4,7
Durchschnitt:						5,55

Gesamttabelle XXIIa.

Hauskaninchen.

1*	H 73		19	1240	69	5,4
2*	H 66		4	1243	72,1	5,8
3*	H 3		ca. 5	1464,8	80,08	5,45
4*	H 4		ca. 6	1500,2	86,9	5,79
5*	H 5		ca. 6	1512	86,89	5,75
6	H 89		6 1/2	1661	70,25	4,23
7	H 82		6 1/2	1747	77,03	4,41
8	H 47		13	2062	87,64	4,25
9	H 33		ca. 8	2225	95,31	4,28
10	H 14		15	2245	100,85	4,45
11	H 6		ca. 8	2268	105,8	4,67
12*	H 86		6 1/4	2345	90,22	3,80
13	H 61	ausgewachs.		2503	130,3	5,21
14*	H 87		10	2877	119,76	4,16
15	H 56		6	2948	137,45	4,66
16*	H 64		ca. 12	3328	162,4	4,88
17*	H 65		10 1/2	3439	128,25	3,73
18*	H 80		20	3623	190,5	5,26
19	H 50		ca. 18	4921	233,89	4,75
20	H 63		26	5722	270,77	4,33
21	H 53		ca. 18	6085	217,9	3,58
22	H 60		12	6480	287,54	3,67
23	H 55		14	7300	318	4,36

Gesamt-

Wild-

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körper- gewicht in g	Skelet- gewicht in g	Scapula		Humerus		
					abge- schabt	luft- trocken	abge- schabt	mark. los	luft- trocken
1	W 74	+O ₃ +O+O ₃ +O ₃ O ₃ +O+O	940	56,03	1,08	0,85	2,36	1,89	1,46
2	W 49		1301	43,88	—	—	—	—	—
3	W 51		1370,2	83,47	1,58	1,37	3,3	2,8	2,16
4	W 48		1387	79,72	—	—	—	—	—
5	W 75		1409	64,19	1,36	1,00	2,66	2,1	1,6
6	W 88		1437	77,3	1,88	—	3,26	—	—
7	W 9		1475,5	86,74	1,76	1,44	3,39	2,84	2,25
8	W 85		1477	81,0	1,89	—	3,03	—	—
9	W 10		1489,5	89,16	1,49	1,34	3,29	2,83	2,29
10	W 81		1522	80,0	1,63	—	3,25	—	—
11	W 83		1580	—	1,55	—	2,8	—	—
12	W 16		1686	79,2	1,52	1,33	3,13	2,6	2,32
13	W 2		1737,5	—	1,58	—	3,08	—	—

Gesamt-

Haus-

Lfd. No.	J.-No.	Geschlecht	Körper- gewicht in g	Skelet- gewicht in g	Scapula		Humerus		
					abge- schabt	luft- trocken	abge- schabt	mark. los	luft- trocken
1	H 73	+O ₃ +O+O ₃ +O ₃ O ₃ +O+O	1240	69	1,21	1,06	2,4	1,95	1,72
2	H 3		1464,8	80,08	1,68	1,33	3,27	2,61	1,91
3	H 4		1500,2	86,9	1,61	1,19	2,99	2,45	1,95
4	H 5		1512	86,95	1,95	1,54	3,2	2,66	2,11
5	H 89		1661	70,25	1,39	—	2,75	—	—
6	H 90		1694	—	1,4	—	2,52	—	—
7	H 82		1747	77,03	1,56	—	2,88	—	—
8	H 47		2062	87,64	1,69	1,36	2,99	2,3	1,95
9	H 57		2216	90,9	1,74	1,35	2,96	2,21	1,98
10	H 39		2225	95,31	1,99	1,56	4,19	3,19	2,37
11	H 14		2244,8	100,85	2,12	1,72	3,66	2,9	2,42
12	H 86		2345	91,5	1,87	—	3,46	—	—
13	H 54		2350	—	2,5	2,1	3,73	3,03	2,7
14	H 13		2741	—	2,7	2,25	4,41	3,38	2,95
15	H 87		2877	121,9	2,42	—	4,52	—	—
16	H 58		4868	—	5,06	4,08	8,75	6,67	5,82
17	H 55		7300	318	—	—	13,69	9,56	8,46

Tabelle XXIII.

Kaninchen.

Radius und Ulna			Femur			Tibia		
abge- schabt	mark- los	luft- trocken	abge- schabt	mark- los	luft- trocken	abge- schabt	mark- los	luft- trocken
1,6	—	1,25	4,52	3,76	2,91	4,05	3,44	2,83
—	—	—	5,2	4,18	3,25	4,55	3,49	2,96
—	—	—	6,16	4,98	3,93	5,37	4,23	3,73
—	—	—	—	—	—	5,22	4,29	3,69
1,66	—	1,54	5,06	3,97	3,17	4,46	3,56	2,91
2,33	—	—	6,02	—	—	5,43	—	—
2,26	—	1,87	6,65	5,57	4,27	6,03	4,92	4,15
2,12	—	—	6,49	—	—	5,68	—	—
2,21	—	1,84	6,1	5,06	4,11	5,42	4,39	3,93
2,12	—	—	5,93	—	—	5,37	—	—
1,93	—	—	—	—	—	—	—	—
1,95	—	1,85	5,56	4,5	4,12	4,92	4,12	3,82
2,02	—	—	5,93	4,12	—	5,17	3,79	—

Tabelle XXIIIa.

Kaninchen.

[illegible]

Gesamttablelle XXIV a.

Hauskaninchen.

1	2*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
H 73	H 4	H 89	H 90	H 7	H 82	H 47	H 57	H 33	H 14	H 86	H 61	H 87	H 56	H 64	H 65	H 72	H 80	H 58	H 50	H 79	H 63	H 53	H 60	H 55	H 55
1240	1500,2	1661	1694	1723	1747	2062	2216	2225	2244,8	2345	2503	2268	2877	2948	3328	3439	3310	3623	4868	4921	5015	5722	6085	6480	7300
19	ca. 6	7 1/2	7	ca. 6	6 1/2	13	18	ca. 8	15	7	ca. 12	ca. 8	10	ca. 6	12	10 1/2	4 1/2	20	17	ca. 12	6	26	ca. 12	12	14
6,4	6,7	6,4	—	5,6	6,5	6,4	6,8	6,9	6,9	7,9	7,3	7,2	8,1	8,8	8,0	8,2	9,0	9,1	8,6	9,5	8,8	8,2	9,4	9,4	9,4
5,6	5,4	5,7	—	5,6	5,7	5,7	5,9	6,1	5,9	6,8	6,1	6,6	6,9	7,5	7,1	7,1	8,7	7,7	7,8	8,5	8,5	8,2	8,7	8,8	8,8
6,9	6,7	7,0	—	7,0	7,2	7,2	7,1	7,4	7,5	8,7	8,2	7,9	9,3	9,7	9,0	9,2	9,8	9,4	9,3	10,0	9,9	9,2	10,3	10,3	10,3
8,4	8,3	8,3	8,4	8,7	8,5	8,4	8,5	9,1	8,8	10,4	9,6	9,3	10,7	11,5	10,9	11,1	11,9	11,7	11,2	11,9	11,9	10,9	12,1	12,5	12,5
8,9	9,0	9,1	—	9,6	9,3	9,4	9,5	10,1	9,8	11,7	10,2	10,2	12,0	12,5	11,8	12,1	13,1	12,5	12,5	13,3	13	11,9	13	13,7	13,7
0,9	0,8	0,9	—	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9
1,1	1,0	1,1	—	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
1,3	1,2	1,3	—	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3
1,4	1,3	1,4	—	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5
1,32	1,32	1,32	—	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Durchschnitt: 0,9																									
1,1																									
1,32																									
1,46																									

Gesamttabelle XXV.
Verhältnis von Gehirn (frisch) zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht des Gehirns in g	Gewicht in %
1	W 8	+O ₃ O ₃		1300,5	9,42	0,724
2	W 21			1330	8,96	0,674
3	W 51			1370,2	10,22	0,746
4	W 29			1400	10,12	0,723
5	W 75			1409	8,85	0,628
6	W 19			1430	10,35	0,724
7	W 88			1437	10,53	0,733
8	W 9			1475,5	10,51	0,712
9	W 85			1477	10,49	0,710
10	W 10			1489,5	11,55	0,776
11	W 30			1510	10,81	0,716
12	W 84			1522	10,75	0,706
13	W 27			1582	10,45	0,661
14	W 22			1582	11,15	0,705
15	W 83			1580	10,81	0,684
16	W 18			1588	10,5	0,661
17	W 16			1686	10,60	0,629
18	W 23			1715	11,93	0,696
19	W 31			1730	10,95	0,633
20	W 36			1735	11,07	0,638
21	W 28			1750	10,15	0,580
22	W 15			1750	10,59	0,605
23	W 17			1797	11,36	0,632
					Durchschnitt:	0,682

Gesamttabelle XXVa.

Hauskaninchen.

1*	H 4	+O ₃ O ₃	ca. 6	1500,2	8,86	0,591
2	H 89		6 ¹ / ₂	1661	9,17	0,552
3	H 90		7	1694	8,12	0,479
4	H 7		ca. 6	1723	8,76	0,508
5	H 82		6 ¹ / ₂	1747	9,10	0,521
6	H 43		ca. 7	1765	8,69	0,492
7	H 42		12 ¹ / ₂	1775	9,43	0,531
8	H 32		ca. 7	1880	9,60	0,511
9	H 47		13	2062	9,1	0,441
10	H 57		18	2216	9,09	0,410
11	H 33		ca. 8	2225	10,51	0,472
12	H 14		15	2245	8,75	0,345
13	H 86		6 ¹ / ₄	2345	9,02	0,385
14	H 38		4	2560	10,54	0,412
15	H 46		6—7	2575	12,47	0,484
16	H 13		18	2741	11,37	0,415
17	H 87		10	2877	9,54	0,332
18	H 39		4	3070	10,7	0,349
19	H 45		5—6	3665	12,47	0,340
20	H 44		ca. 12	4650	11,87	0,255
21	H 58		17	4868	12,65	0,260
22	H 79		6	5015	14,06	0,280
23	H 41		7	5050	11,57	0,229

Gesamttabelle XXVI.
Anteil einzelner Gehirnteile am Gesamtgewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Gewicht in 80% Alkohol	Hemi- sphären	Klein- hirn	Rest	Anteil in %		
							Hemi- sphären	Klein- hirn	Rest
1	W 51	+O ₃ O ₃ O ₃ +O+O+O+O+O ₃	7,06	4,13	0,91	1,86	60	13	27
2	W 22		7,55	4,52	1,02	1,84	61	14	25
3	W 27		6,82	4,19	0,93	1,67	62	14	25
4	W 35		6,61	3,66	0,79	1,67	60	13	27
5	W 34		6,78	3,82	1,00	1,68	59	15	26
6	W 31		7,55	4,41	1,12	1,98	59	15	26
7	W 36		7,73	4,62	1,02	2,00	61	13	26
8	W 15		7,53	4,32	1,05	2,1	58	14	28
9	W 28		7,29	4,37	0,95	1,87	61	13	26
10	W 17		7,8	4,62	1,03	1,85	61	14	25
Durchschnitt:						60	14	26	

Gesamttabelle XXVIa.

Hauskaninchen.

1	H 4	O ₃ + O + O ₃ + O + O ₃ + O ₃ + O ₃ + O ₃	5,52	3,12	0,83	1,45	58	15	27
2	H 7		5,79	3,24	0,92	1,43	58	16	26
3	H 43		5,76	3,14	0,91	1,56	56	16	28
4	H 42		6,09	3,39	0,91	1,61	57	15	27
5	H 32		6,01	3,46	1,07	1,34	59	18	23
6	H 47		6,1	3,47	0,96	1,57	58	16	26
7	H 57		6,13	3,37	0,78	1,78	57	13	30
8	H 33		7,04	4,06	1,09	1,82	58	16	26
9	H 13		7,39	4,14	1,23	2,00	56	17	27
10	H 41		7,16	3,93	1,13	1,89	57	16	27
Durchschnitt:							57	16	27

Gesamttabelle XXVII.
Gewichtsverlust des Gehirns in Alkohol.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Körper- gewicht in g	Gew. des Gehirns frisch in g	Gew. des Gehirns in Alkohol	Differenz	Verlust in %	Verbleib- in Alkohol i. Monaten	Alter in Monaten
1	W 74	+O	940	9,6	6,08	3,52	37	3	ca. 4
2	W 51	+O ₂	1370,2	10,22	7,06	3,16	31	2	
3	W 29	+O ₂	1400	10,12	6,57	3,55	35	24	
4	W 19	+O ₂	1430	10,35	6,73	3,62	35	25	
5	W 9	+O ₂	1475,5	9,42	6,65	2,77	29	26	ausge- wachsen
6	W 10	+O ₂	1489,5	11,55	8,05	3,50	30	26	
7	W 30	+O ₂	1510	10,81	7,61	3,20	30	24	
8	W 22	+O ₂	1582	11,15	7,55	3,60	32	10	
9	W 16	+O ₂	1686	10,6	8,05	2,55	24	26	
10	W 35	+O ₂	1715	9,94	6,61	3,33	34	4	
11	W 34	+O ₂	1720	9,7	6,78	2,92	30	4	
12	W 31	+O ₂	1730	10,95	7,35	3,60	33	9	
13	W 36	+O ₂	1735	11,07	7,73	3,34	30	4	
14	W 15	+O ₂	1750	10,59	7,53	3,06	29	8	
15	W 28	+O ₂	1750	10,15	7,29	2,86	28	7	
16	W 17	+O ₂	1797	11,36	7,8	3,56	32	8	
Durchschnitt:							30,8		

Gesamttabelle XXVIIa.

Hauskaninchen.

1	H 73		1240	7,45	4,36	3,09	42	3	19
2	H 4		1500, ²	8,86	5,52	3,34	38	11	ca. 6
3	H 7		1728	8,76	5,79	2,97	34	7	ca. 6
4	H 43		1765	8,69	5,76	2,93	34	3	ca.
5	H 42		1775	9,43	6,09	3,34	35	5	12
6	H 32		1880	9,6	6,04	3,56	37	7	ca. 7
7	H 47		2062	9,1	6,1	3,00	33	4	13
8	H 57		2216	9,09	6,13	2,96	33	1	18
9	H 33		2225	10,51	7,04	3,47	33	11	ca. 8
10	H 38		2560	10,54	7,23	3,31	31	20	4
11	H 13		2741	11,36	7,39	3,97	35	11	18
12	H 39		3070	10,7	5,5	5,2	49	20	4
13	H 40		4250	12,60	9,21	3,45	27	20	5 ^{1/2}
14	H 41		5050	11,57	7,16	4,41	38	5	7
15	H 44		4650	11,87	8,12	3,75	32	20	ca. 12
16	H 58		4868	12,65	8,37	4,28	34	4	17
		+H+O ₂ O ₃ C ₃ H ₄ +O ₂ C ₃ H ₄ +O ₂ O ₃							
			Durchschnitt:	34					
			Durchschnitt aus 4, 7,						
			43. 32. 42	35,6					

Gesamttabelle XXVIII.
Verhältnis von Auge zum Körpergewicht.

Wildkaninchen.

Lfd. No.	J.-No.	Ge- schlecht	Alter in Monaten	Körper- gewicht in g	Gewicht der Augen in g	Gewicht in %
1*	W 74	+O +O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄ +O ₅ +O ₆ +O ₇ +O ₈ +O ₉ +O ₁₀ +O ₁₁ +O ₁₂ +O ₁₃	ca. 4	940	2,45	0,261
2	W 11		} ausge- wachsen	1273	1,94	0,152
3	W 8			1300,5	2,32	0,178
4	W 49			1301	3,12	0,240
5	W 51			1370,2	3,12	0,298
6	W 48			1387	3,45	0,249
7	W 75			1409	2,27	0,161
8	W 88			1437	2,48	0,173
9	W 9			1475,5	2,85	0,193
10	W 85			1477	2,45	0,166
11	W 10			1489,5	3,20	0,215
12	W 84			1522	2,77	0,182
13	W 83			1580	3,08	0,195
					Durchschnitt:	0,194

Gesamttabelle XXVIIIa.

Hauskaninchen.

1*	H 3	O ₁ +O ₂ +O ₃ +O ₄ +O ₅ +O ₆ +O ₇ +O ₈ +O ₉ +O ₁₀ +O ₁₁ +O ₁₂ +O ₁₃ +O ₁₄ +O ₁₅ +O ₁₆ +O ₁₇ +O ₁₈ +O ₁₉ +O ₂₀ +O ₂₁ +O ₂₂ +O ₂₃ +O ₂₄ +O ₂₅ +O ₂₆	ca. 5	1464,8	2,42	0,165
2*	H 4		ca. 6	1500,2	2,44	0,163
3	H 5		ca. 6	1512	2,59	0,171
4	H 89		6 1/2	1661	2,38	0,143
5	H 90		7	1694	2,22	0,131
6	H 7		ca. 6	1723	2,22	0,129
7	H 82		6 1/2	1747	2,37	0,136
8	H 43		ca. 7	1765	2,38	0,135
9	H 41		12	1775	2,42	0,136
10	H 47		13	2062	2,75	0,133
11	H 57		18	2216	2,98	0,135
12	H 33		ca. 8	2225	2,52	0,113
13	H 14		15	2245	2,37	0,106
14	H 6		ca. 8	2268	2,61	0,115
15	H 86		6 3/4	2345	2,34	0,100
16	H 54		11	2350	2,84	0,121
17	H 68		9 1/2	2380	2,6	0,109
18*	H 38		4	2560	2,93	0,115
19	H 80		9 1/2	2695	2,62	0,097
20	H 13		18	2741	3,09	0,113
21	H 87		10	2877	2,77	0,096
22*	H 39		4	3070	3,11	0,101
23	H 40		5 1/2	4250	3,05	0,072
24	H 44		ca. 12	4650	3,05	0,066
25	H 58		17	4868	3,28	0,067
26	H 41		7	5050	3,21	0,064
Durchschnitt: 0,113						

Literaturverzeichnis.

1. DARWIN, CH., Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation, übersetzt von CARUS, Stuttgart 1899, Vol. 1, p. 113—143.
2. DONALDSON and SHINKISHI HATAI, A comparison of the Norway Rat with the Albino Rat in respect to body length, brain weight, spinal cord weight and the percentage of water in both the brain and the spinal cord, in: Journ. comp. Neurol., Vol. 21, No. 5, 1911.
3. GERHARDT, U., Das Kaninchen, zugleich eine Einführung in die Organisation der Säugetiere, Leipzig 1909.
4. ELLENBERGER und BAUM, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere, Berlin 1903.
5. GROBER, J., Untersuchungen zur Arbeitshypertrophie des Herzens, in: Deutsch. Arch. klin. Med., Vol. 91, 1907.
6. HESSE, R. und F. DOFLEIN, Tierbau und Tierleben, Vol. 1, Leipzig 1910.
7. HESSE, R., Stoffwechsel und Herz, in: Natur und Schule, Vol. 5, p. 437—449, 1906.
8. —, Beziehungen zwischen Herzgröße und Arbeitsleistung bei Wirbeltieren, in: Jahresh. Ver. Vaterl. Naturk. Württemberg, Jg. 1908, p. LXXVIII—LXXXI.
9. KLATT, B., Über die Veränderung der Schädelkapazität in der Domestikation, in: SB. Ges. naturf. Freunde Berlin, 1912.
10. —, Über den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild nebst Bemerkungen über die Vorgeschichte der Haustiere, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 36, 1913.
11. KRAEMER, H., Die Rassengeschichte unserer Haustiere in ihrer Bedeutung für die praktische Tierzucht. Flugschr. Ges. Züchtungskunde, Berlin 1911.
12. KRAUSE, W., Die Anatomie des Kaninchens in topogr. u. operat. Hinsicht, 2. Aufl., Leipzig 1884.
13. SCHMALTZ, R., Kollegmitschrift 1909—1910.
14. STAHR, H., Über die Pap. foliata beim wilden und domestizierten Kaninchen, in: Anat. Anz., Vol. 21, 1902.
15. —, Über die Ausdehnung der Pap. foliata und die Frage einer einseitigen kompensatorischen Hypertrophie im Bereiche des Geschmacksorganes, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 16, 1903.
16. WELCKER, H., Gewichtswerte der Körperorgane bei dem Menschen und bei den Tieren, herausgegeben von A. BRANDT, in: Arch. Anthropol., Vol. 28, 1902.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Vergleichende Untersuchungen an Frettchen und Iltissen.

Von

Dr. med. vet. **Hans Bethcke.**

(Aus dem Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen
Hochschule zu Berlin.)

Soweit wir die Geschichte des Menschen auch zurückverfolgen, in allen Weltteilen beweisen uns Aufzeichnungen und Funde, daß er gerne Tiere zu seinen Hausgenossen erwählt hat. Während LINNÉ und seine Anhänger durch den Satz „species constantissimae sunt“ das Haustier als von Anfang an zum Haustier geschaffen betrachtet haben und auch CUVIER in seinem *Ossements fossiles* von formbeständigen Tierarten spricht, versucht zuerst GEOFFROY-ST. HILAIRE die Abstammung der verschiedenen Haustiere zu ermitteln. Erhöhte Aufmerksamkeit wird der ganzen Haustierforschung dann zugewandt, als 1868 CHARLES DARWIN sein bekanntes Werk „Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation“ veröffentlicht. Er zeigt uns, daß wir den Ursprung der Haustiere in wilden Stammformen zu suchen haben, und der weiteren Forschung auf diesem Gebiete ist es gelungen, unsere Einsicht in die feineren Verwandtschaftsverhältnisse bedeutend zu vertiefen und zu klären.

Das Frettchen gehört nach BREHM und anderen Autoren schon von altersher zum Hausgenossen des Menschen, und SETTEGAST sagt, daß es ihm so fügsam und willig sich erwiesen habe wie sein

Geschlechtsgenosse, der seit nicht langer Zeit in Nordamerika gezähmte Mink.

In der Geschichte ist das Frettchen (*Putorius furo*, *Mustela* und *Foetorius furo*) mehrfach genannt. Schon ARISTOTELES¹⁾ erwähnt es unter dem Namen *Ictis*; PLINIUS nennt es *Viverra*. Dann erzählt uns STRABO von ihm bei Gelegenheit der Verheerungen auf den Balearen durch Kaninchen. Im Mittelalter hören wir in den Etymologiae von Isidor von Sevilla das Frettchen mit folgenden Worten erwähnen: „Furo unde fur, quia cuniculos effodit“. GESNER liefert die erste Abbildung. BUFFON erzählt, daß es gehalten wurde, um Nester aus den hohlen Bäumen zu nehmen, und bezweifelt, daß es mit dem *Ictis* des ARISTOTELES identisch sei. Weitere kurze Angaben finden wir später bei KLEIN, SCHREIBER und BECHSTEIN. CUVIER schildert die verschiedenen Färbungen des Frettchens. Weiter finden sich in den Jägerpraktika DÖBEL'S Angaben, daß das Frettchen im Anfang des 18. Jahrhunderts zur Jagd dressiert wurde. Wie HAHN die Heimat des Kaninchens in Spanien sucht, so glaubt er auch die des Frettchens, das seinem Feinde nach Europa gefolgt sei, dort gefunden zu haben. Er gibt auch an, daß es nach ALBERTUS MAGNUS in Spanien zahm gehalten und wie heutzutage zur Jagd verwendet wurde.

Es ist somit das Frettchen in kulturgeschichtlicher Beziehung häufig beachtet worden, von zoologischer Seite ist es dagegen nur wenig bearbeitet. GERVAIS sagt in seiner Histoire des Mammifères folgendes: „Le Furet n'est peut-être qu'un simple variété du Putois. Ses caractères ostéologiques paraissent en tout conformes à ceux du vrai Putois, dont il a aussi les dimensions. Tous les autres disent que le Furet nous vient de l'Afrique septentrionale“. Dagegen behauptet JOHANNES V. FISCHER, daß das Frettchen vom Iltis streng spezifisch geschieden sei und von einem ausgestorbenen oder im wilden Zustande noch nicht aufgefundenen iltisähnlichen Tiere stamme. Als Beweis hierfür spricht nach ihm der Umstand, daß der Bastard von zwei verschieden gefärbten Tieren — wie es hier der Fall ist — eine zwischen seinen Eltern haltende Intermediärfarbe zeigt und nie einem der Eltern gleicht. In seinen „Craniologischen Studien“ weist HENSEL auf die Übereinstimmung des Frettchens mit dem kleinen Steppeniltis (*Foetorius evermanni*) hin. Beide unterscheiden sich, was den Schädel anbetrifft, vom gemeinen Iltis durch dieselben

1) Nach FISCHER.

Merkmale: geringere Größe, stärkere Einschnürung der Frontalgegend hinter den Augenhöhlen. Im Gegensatz dazu stellen andere Zoologen, z. B. KLATT in seiner Schrift „über die Veränderung der Schädelkapazität in der Domestikation“, das Frettchen in nähere Beziehung zu unserem gemeinen Iltis.

Die Ansichten über die Abstammungsverhältnisse sind also auch bei diesem Haustier noch nicht vollständig geklärt. Wenn nun hier im folgenden ein Vergleich zwischen Frettchen und unserem deutschen Iltis durchgeführt wird, so geschieht das nicht, weil der Verfasser von vornherein auf dem Standpunkt steht, daß gerade die zurzeit bei uns in Deutschland heimische Varietät des Iltis die oder auch nur eine sichere Stammquelle der Frettchenentstehung gewesen ist.

Es erscheint ja überhaupt sehr fraglich, ob mit völliger Sicherheit auf dem Wege zoologischer Vergleichung allein gerade jene Rassen der Wildformen ermittelt werden können, aus denen vor vielen Jahrhunderten einmal eine uns heute vorliegende bestimmte Haustierart entstand. Es soll somit nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, neues Material für oder wider die eine oder die andere Ansicht bezüglich der Frettchenabstammung beizubringen. Zweck der Arbeit ist vielmehr der, durch einen möglichst eingehenden Vergleich der domestizierten Form mit einer doch zum mindesten außerordentlich nahe verwandten Wildform die zwischen ihnen bestehenden Unterschiede festzustellen.

Ob diese Unterschiede so groß sind, daß sie nur durch erbliche Verschiedenheiten erklärt werden können, oder ob sie sich nicht vielmehr schon aus den allgemeinen Einflüssen der Domestikation erklären lassen, das ist eine weitere Frage, die erst gestellt werden kann, nachdem man die Größe dieser Unterschiede kennt. Es müssen, wie schon NEHRING wieder und wieder betont, zunächst die Wirkungen der Domestikation festgestellt werden, ehe man an die Abstammungsfragen herangehen kann. Als ein Beitrag zu dieser Seite der Haustierforschung soll der im folgenden durchgeführte Vergleich zwischen den beiden nahen Verwandten, Frettchen und Iltis, betrachtet werden.

Die Arbeit wurde im Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin angefertigt. Es sei mir gestattet, Herrn Prof. Dr. HESSE sowie Herrn Privatdozent Dr. KLATT für die Hilfe und das lebhafte Interesse meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Was das für meine Untersuchung benutzte Material anbetrifft, so erhielt ich die Frettchen meist lebend von den Züchtern Berlins

und der Umgegend, und zwar handelt es sich mit Ausnahme von zwei Fällen um durchaus gesunde Tiere. Diese beiden an der sogenannten Frettchenseuche erkrankten Tiere sind in den Tabellen besonders bezeichnet. Die Frettchen wurden erst kurz vor der Untersuchung durch Chloroform getötet. Die Iltisse wurden mir dagegen — von einigen, die ich frisch geschossen erhielt, abgesehen — aus Thüringen (Jena) tot zugesandt. Und zwar erhielt ich nur die Kadaver der Tiere, das Fell war bereits abgezogen; doch wurde mir das genaue Frischgewicht in jedem Falle mitgeteilt. Vielleicht könnte mir demnach eingewandt werden, daß der gewichtsmäßige Vergleich, wie ich ihn in folgender Untersuchung durchgeführt habe, nicht ganz berechtigt sei, weil die Kadaver der Iltisse durch die Austrocknung an Gewicht verloren hätten. Wenn man aber bedenkt, daß die Tiere im nassen Tuch verschickt wurden, um einer starken Austrocknung entgegenzuwirken, so dürfte dieser Punkt beim Vergleich keine erheblichen Schwierigkeiten bieten. Von etwas größerer Bedeutung sind vielleicht die Blutverluste, die bei der Todesart des Erschießens ja unvermeidlich sind, während sie im ersteren Falle vermieden werden. Aber auch dieser Verlust dürfte wohl wegen seiner absoluten Kleinheit sowohl bezüglich des Gesamtgewichts als auch hinsichtlich des Gewichts einzelner Organe als in den Fehlergrenzen der Untersuchung überhaupt liegend betrachtet werden.

Die größte Schwierigkeit für den Vergleich bietet die Unmöglichkeit einer sicheren Altersbestimmung, wenigstens für die Wildform. Es wurde versucht, nach der Abnutzung der Zähne und dem Stande der Nahtverknöcherungen an den Epiphysen ein einigermaßen klares Bild wenigstens über die relativen Altersunterschiede zu gewinnen. Es ist dabei zu beachten, daß bei den domestizierten Tieren das erstere Merkmal von geringerer Bedeutung sein muß wegen ihrer Ernährungsweise; denn es ist klar, daß eine Nahrung, die vorzugsweise aus Semmel und Milch besteht, ein starkes Abkauen der Zähne verhindern muß. Während so völlig ausgewachsene Frettchen kaum abgekaute Zähne haben, sind sie bei sonst fast gleich alt erscheinenden Iltissen schon stark usuriert. Bezüglich des Fretts lagen übrigens zum Teil genaue Altersangaben der Züchter vor. Die meisten der untersuchten Tiere sind nach alledem zum mindesten als ausgewachsen zu bezeichnen. Genauere Angaben über die einzelnen geben die Tabellen. Von Bedeutung ist weiterhin, daß mir drei Iltisse zur Verfügung standen, die jung eingefangen waren und ca. $\frac{3}{4}$ Jahr bis zu ihrem Tode in Gefangenschaft gelebt hatten.

Diese drei in den Tabellen besonders bezeichneten Tiere werden nicht mit zum Vergleich herangezogen, sondern sollen erst in einem Schlußkapitel besonders besprochen werden.

Bevor ich nun den Vergleich zwischen beiden Tierformen hier im einzelnen folgen lasse, sollen noch einige allgemeine Bemerkungen über die Art dieses Vergleichs vorausgeschickt werden. KLATT weist in seiner Schrift „über den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild“ darauf hin, wie schwierig es ist, ein *tertium comparationis* zu finden, auf welches als Einheit alle die einzelnen Vergleichsdaten bezogen werden können. Zunächst ist es, wie aus seinen Erörterungen hervorgeht, notwendig, möglichst gleichgroße Tiere miteinander zu vergleichen. Was aber könnte man da als Kriterium der Größe betrachten? Die Gesamtlänge, die Höhe über dem Boden, das Gesamtgewicht? Alle diese Größenmaßstäbe, die sonst gebräuchlich sind, weist er bezüglich seines speziellen Untersuchungsobjektes, des Haushundes, als wenig geeignet zurück. Ich glaube nun, daß diese seine Erörterungen für mein spezielles Untersuchungsobjekt von geringerer Bedeutung sind, da die Unterschiede zwischen Frettchen und Iltis ja bei weitem nicht so auffallende sind wie etwa die zwischen Bulldogg und Windhund. Bei diesem Vergleich, der im folgenden unternommen werden soll, wird daher, da es sich um nur wenig voneinander verschiedene Tierformen handelt, die Gesamtgröße — ausgedrückt durch das Gesamtgewicht — wohl immer noch ein ganz brauchbares *tertium comparationis* bieten.

Wohl aber dürfte jener andere Gesichtspunkt, den KLATT in der oben erwähnten Arbeit ausführlich auseinandersetzt, auch für den folgenden Vergleich von großer Bedeutung sein. Er zeigt, daß die einzelnen Organe und Dimensionen des Tierkörpers mit am wesentlichsten modifiziert werden durch die Gesamtgröße, indem nämlich die einzelnen Organe sich nicht in gleichartiger Weise mit zunehmender Größe verändern, sondern jedes in einer ganz besonderen, verschiedenen Art. Aus diesen Angaben erhellt, daß ein Vergleichen relativer Zahlen sehr heikel ist, und solange man nicht über die Art, wie die einzelnen Organe des Säugetierkörpers durch die verschiedene Größe verändert werden, genau Bescheid weiß, ist es das Zweckmäßigste, möglichst nur Organismen von gleicher Größe miteinander zu vergleichen. Betreffs dieser Forderung stößt man nun bei dem in dieser Arbeit vorgenommenen Vergleich sofort auf Schwierigkeiten, insofern hier zunächst einmal ein recht beträchtlicher Geschlechtsunterschied hinsichtlich der Größe vorhanden ist. Allein

Tabelle A

Frettchen-Männchen.

No.	Alter	Radius	Ulna	Humerus	Scapula	Fibula	Tibia	Femur	Basilarlänge	Wirbelsäule	Körpergew.
I. Ittisfrettchen	nicht ausgewachsen	31	41	42	31	42	50	45	5,6	23,5	351
X. „	nicht ausgewachsen (krank)	30	40	41	30	43	49	43	5,5	22,9	377,3
IX. „	nicht ausgewachsen	29	38	41	30	40	47	45	5,4	22,6	384,5
XI. Albinofrettchen	nicht ausgewachsen (krank)	33	41	44	31	45	52	44	5,7	24,1	553
XV. „	?	—	—	—	—	—	—	—	—	23,8	561
VIII. „	?	—	—	—	—	—	—	—	5,9	—	644
XVI. Ittisfrettchen	ausgewachsen	34	44	47	36	49	54	50	5,8	27,8	660
III. Albinofrettchen	„	34	43	45	34	48	49	49	5,0	26,5	801,5
XVII. „	„	35	45	48	37	49	54	51	—	—	982,6
XVIII. Ittisfrettchen	„	34	43	48	36	49	53	50	—	—	1050

Frettchen-Weibchen.

XIII. Albinofrettchen	?										378
XIV. Ittisfrettchen	ausgewachsen	29	38	39	29,5	42	47	42	5,2	22,6	458
IV. Albinofrettchen	„	28,5	36,5	39	29,5	41	46,5	42	5,1	22,6	475
V. „	„	26	34	34	28	35	40	35	4,8	21,2	561
II. Ittisfrettchen	„	29	37	38,5	29	40	45	42	4,9	24,2	576
VI. Albinofrettchen	„	31	39,5	41	31	44	48	42	5,4	24,6	613
VII. „	„	29	37,5	39	29,5	42	46	41	5,2	23,5	711
XII. „	„	29	38	39,5	31	43	47	42	5,3	24,1	809

(Längenmaße).

Iltis-Männchen.

Körpergew.	Wirbelsäule	Basilarlänge	Femur	Tibia	Fibula	Scapula	Humerus	Ulna	Radius	Alter	No.
558	26,8	5,9	49	53	49	33	45	43	34	nicht ausgewachsen	10
638	23,2	5,6	47	50	45	30	43	41	31	nicht ausgew. (10 Monate)	3 domestiziert
670	23	5,5	47	50	46	31	45	42	31	"	4 domestiziert
846	28,5	—	51	57	52	36	47	45	35	nicht ausgewachsen	9
965	29,3	6,1	53,5	60	55	38	52	50	39	eben ausgewachsen	13
1042	30	6,4	58	62	56,5	38	53,5	51,5	39	"	8
1072,5	28	—	54	57	53	37	50	46	35	ausgewachsen	2
1312	30,6	—	—	—	—	—	—	—	—	?	14
1376	29	6,5	58	61,5	55	40	52	49	38	ausgewachsen	1
1447	30,5	6,2	59	62	57	39	53	51	39,5	"	6
1470	—	—	57	60	55	40	51	48	38	"	15

Iltis-Weibchen.

468	22	5,2	42	45	39,5	27	39	37	28	nicht ausgew. (10 Monate)	5 domestiziert
651	25,1	5,7	46	49	44	30	41	39	30	ausgewachsen	7
685	25,7	5,9	47	51	46	30	44	41	32	"	12
730	26,5	5,6	48	51	46	33	45	42	32	"	11
814,5	—	—	49	52	47	34	45	43	33	"	16

schon aus diesem Gesichtspunkt heraus wird es notwendig, nur Männchen mit Männchen und Weibchen mit Weibchen zu vergleichen. Dazu kommt als zweite gleichartige Schwierigkeit, daß außerdem die beiden zu vergleichenden Formen selbst hinsichtlich der Größe beträchtlich differieren, insofern als die Frettchen meist kleiner sind als die Iltisse. Von der verhältnismäßig geringen Zahl untersuchter Tiere liefert daher nur etwa die Hälfte solche ohne weiteres vergleichbare Daten, und gerade bei diesen fehlen mir einige sehr wertvolle Angaben bezüglich des Gehirns und des Knochensystems, da die entsprechenden Teile durch ein Versehen verloren gingen. Das Gesamtmaterial, auf welchem sich meine Schlüsse aufbauen, ist also kein übermäßig großes. Aber bei der Schwierigkeit, ein in jeder Hinsicht einwandfreies Material zu erhalten, und in Anbetracht dessen, daß hier zum erstenmal der Versuch gemacht wird, einen genauen derartigen Vergleich zwischen Frettchen und Iltis zu ziehen, wird es verzeihlich sein, wenn ich schon jetzt die Untersuchung zu einem vorläufigen Abschluß bringe.

Wie schon bemerkt, sind bezüglich des Gesamtgewichtes, das uns als Kriterium der Gesamtgröße des Tieres dienen soll, beträchtliche Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen vorhanden. Wenn wir die als „nicht ausgewachsen“ zu bezeichnenden Tiere ausschalten, so erhalten wir für die Iltis-Männchen ein Durchschnittsgewicht von rund 1250 g. Die schwächsten Tiere überschreiten nur wenig das Gewicht von 1000 g, die stärksten der untersuchten gehen herauf bis fast auf 1500 g. Bei den Frettchen-Männchen finden wir für diese ausgewachsenen Tiere ein Durchschnittsgewicht von ca. 850 g, also um rund $\frac{1}{3}$ weniger als bei der wilden Form. Die Grenzen der Variationsbreite liegen bei etwa 650 und 1050 g. Bei den weiblichen Tieren, die fast nur ausgewachsene Formen enthalten, liegt das Durchschnittsgewicht des Iltis-Weibchens bei etwa 725 g, die Variationsbreite schwankt zwischen 650 und 815 g. Die weiblichen Frettchen haben ein Durchschnittsgewicht von nur 650 g. Die Variationsbreite der sicher ausgewachsenen Formen des weiblichen Fretts schwankt zwischen 458 und 809 g, erreicht nach oben also fast das Maximalmaß der untersuchten Iltis-Weibchen, geht aber weit unter das Minimalmaß derselben herab. Wir sehen also, daß hier beim Frettchen-Weibchen zwar das Durchschnittsgewicht ein geringeres ist als das der Wildform — wenngleich die Frettchenweibchen bei weitem nicht so beträchtlich hinter den Iltis-Weibchen stehen wie die Frettchen-Männchen hinter den Iltis-Männchen —,

daß aber dafür die Variationsbreite bei der domestizierten Form beträchtlich größer erscheint als bei der wilden.

Wie verhält sich nun die Gesamtlänge bei Frett und Iltis? Sämtliche Längenmaße (Tab. A) wurden ausschließlich gewonnen durch Messungen am macerierten Skelet. Als Maß der Gesamtlänge des Tieres kann dienen die Länge der Wirbelsäule bis zum Ende des Kreuzbeins. Um dieses Maß zu nehmen, wurden sämtliche Wirbel, mit Ausnahme der Schwanzwirbel, auf einen dünnen Draht der Reihe nach aufgezogen, so daß sie fest aneinander anstießen, und nun die Länge gemessen. Da außer den Schwanzwirbeln auch die Intervertebralscheiben fehlen, wird dieses Maß nicht jenes erreichen, welches eine entsprechende Messung am lebenden Tier ergeben hätte. Jedoch lassen sich auf diese Art relativ vergleichbare Zahlenwerte finden. Wenn wir nun diese vergleichen, so sehen wir überall die Gesamtlänge der Wirbelsäule, auch wenn wir gleichgroße und gleichalte Tiere miteinander vergleichen, bei der zahmen Form hinter der wilden zurückbleiben. Man vergleiche z. B. die Zahlen bei den Iltissen, wo selbst das kleinste noch nicht ausgewachsene Männchen die Länge von 26,8 cm erreicht, die nur einmal von einem noch dazu schwereren und ausgewachsenen Frettchen-Männchen mit 27,8 cm übertroffen wird, ohne daß dasselbe die Durchschnittslänge der Iltisse mit etwa 29,5 cm erreicht.

Noch deutlicher zeigen uns dies die weiblichen Tiere, unter denen kein Iltis unter 25 cm herabgeht, während das Maximum der weiblichen Frettchen nur 24,6 beträgt. Wir können also wohl zugleich eine Verkürzung in der Gesamtlänge bei der Domestikation feststellen.

Ähnlich verhält es sich mit den übrigen Längenmaßen am Skelet, zunächst der Basilarlänge des Schädels, zu deren Feststellung das HENSEL'sche Maß benutzt wurde (vom Hinterrand der Incisivalveolen zum Unterrand des Foramen magnum). Im Durchschnitt zeigen die Iltis-Männchen eine Basilarlänge von etwa 6,3 cm. Die Variationsbreite schwankt zwischen 6,1 und 6,5 cm. Bei den domestizierten Tieren wird als Maximum nur die Zahl 5,9 erreicht, und noch häufiger sehen wir die Verkleinerung der Basilarlänge wieder bei den Weibchen. Sie erreicht bei einem Iltis die Größe von 5,9, während ein bedeutend schwereres Frettchen nur eine 5,3 cm lange Basilarlänge aufzuweisen hat. Die Durchschnittslängen betragen etwa 5,7 und 5,1 cm. Die Variationsbreite bei ersteren liegt zwischen

Tabelle B (Gewichte

Frettchen-

No.	Alter	Penisknochen	Radius			Ulna			Humerus		
			Verlust in %	trocken	frisch	Verlust in %	trocken	frisch	Verlust in %	trocken	frisch
I. Iltisfrettchen	nicht	—	43,3	0,17	0,30	35,7	0,27	0,42	47,7	0,58	1,11
X. „	ausgew. nicht	0,09	26,5	0,19	0,26	39	0,25	0,41	43,7	0,58	1,03
IX. „	ausgew. (krank)	0,10	32,1	0,19	0,28	34,8	0,28	0,43	46,8	0,59	1,11
XI. Albinofrettchen	nicht ausgew. (krank)	0,12	39,3	0,20	0,33	24	0,38	0,50	44,5	0,71	1,28
XV. „	?	0,11	—	—	0,36	—	—	0,51	—	—	1,40
VIII. „	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
XVI. Iltisfrettchen	ausgew.	0,30	31,8	0,30	0,44	24,6	0,49	0,65	38,8	1,07	1,75
III. Albinofrettchen	„	0,32	25,6	0,29	0,39	31,6	0,41	0,60	38,7	0,95	1,55
XVII. „	„	0,29	—	—	0,42	—	—	0,68	—	—	1,71
XVIII. Iltisfrett.	„	0,31	—	—	0,45	—	—	0,71	—	—	1,79

Frettchen-

XIII. Albinofrett.	?	—	—	—	0,23	—	—	0,33	—	—	0,82
XIV. Iltisfrettchen	ausgew.	—	29,1	0,17	0,24	31,4	0,24	0,35	42,2	0,52	0,9
IV. Albinofrettchen	„	—	28,5	0,15	0,21	31,2	0,22	0,32	41,1	0,50	0,85
V. „	„	—	42,8	0,12	0,21	36,3	0,21	0,33	48,1	0,43	0,83
II. Iltisfrettchen	„	—	31,8	0,15	0,22	28,5	0,25	0,35	42,3	0,53	0,92
VI. Albinofrettchen	„	—	37	0,17	0,27	28,9	0,27	0,38	39	0,62	1,02
VII. „	„	—	30,4	0,16	0,23	24,2	0,25	0,33	37,9	0,54	0,87
XII. „	„	—	26	0,17	0,23	25	0,27	0,36	41	0,56	0,95

Fortsetzung siehe

5,6 und 5,9 cm, während bei den Frettchen die Zahlen 4,8 und 5,4 cm diesen Daten entsprechen.

Vergleichen wir jetzt die Gliedmaßenknochen bezüglich ihrer Länge, so finden wir das gleiche Verhältnis: das Femur hat z. B. bei den männlichen Iltissen durchschnittlich eine Länge von 54,1 mm, bei den Frettchen-Männchen werden dagegen nur 50 mm erreicht. Sehen wir die Tabelle an, so ergeben sich Durchschnittslängen von 47,5 und 42 mm. Bei einem anderen Extremitätenknochen, der Tibia, stehen sich die Durchschnittslängen von 59 und 52 mm, was die männlichen Tiere anbetrifft, bei den weiblichen die Daten 50,1 und 46,5 mm gegenüber. Für die Vordergliedmaßen gilt das Gleiche.

einzelner Extremitätenknochen).

Männchen.

Scapula			Fibula			Tibia			Femur			Körper- gew.
Verlust in %	trocken	frisch	Verlust in %	trocken	frisch	Verlust in %	trocken	frisch	Verlust in %	trocken	frisch	
40,4	0,25	0,42	40	0,12	0,20	45,5	0,55	1,01	54,5	0,62	1,36	351
34,2	0,25	0,38	20	0,12	0,15	40,2	0,55	0,92	44,9	0,71	1,29	377,3
34,2	0,25	0,38	18,7	0,13	0,16	44,6	0,52	0,94	42,9	0,69	1,21	384,5
33,3	0,32	0,48	31,5	0,13	0,19	41,4	0,65	1,11	46,6	0,76	1,42	553
—	—	0,52	—	—	0,20	—	—	1,14	—	—	1,48	561
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	644
32,8	0,45	0,67	31,2	0,23	0,32	38,4	1,04	1,69	38,8	1,23	2,01	660
38,4	0,48	0,78	18,5	0,22	0,27	33	0,88	1,32	40,1	1,03	1,72	801,5
—	—	0,71	—	—	0,28	—	—	1,41	—	—	1,81	982,6
—	—	0,77	—	—	0,34	—	—	1,54	—	—	1,97	1050

Weibchen.

—	—	0,31	—	—	0,15	—	—	0,87	—	—	0,99	378
30,5	0,25	0,36	29,4	0,12	0,17	38	0,52	0,84	40	0,60	1,0	458
38,2	0,21	0,34	41,1	0,10	0,17	40,5	0,47	0,79	54,6	0,59	1,3	475
35,4	0,20	0,31	28,5	0,10	0,14	45,7	0,38	0,70	47,2	0,48	0,91	561
34,2	0,23	0,35	33,3	0,10	0,15	36,5	0,52	0,82	58,5	0,58	1,4	576
36,8	0,24	0,38	33,3	0,12	0,18	37,6	0,58	0,93	39,6	0,70	1,16	613
25	0,21	0,28	29,4	0,12	0,17	37,8	0,51	0,82	38,4	0,64	1,04	711
32,5	0,27	0,4	31,5	0,13	0,19	36,6	0,57	0,90	36	0,71	1,11	809

nächste Seite.

Es ist beispielsweise der Humerus bei gleichgroßen ausgewachsenen Tieren auf seiten der Frettchen um durchschnittlich fast $\frac{1}{2}$ cm kürzer, was bei der geringen Gesamtgröße von nur 4—5 cm recht viel bedeutet. Und so ergibt eine genauere Durchsicht der Tabelle A dasselbe Verhalten für sämtliche übrigen Längenmaße am Skelet.

Eine weitere Frage wäre die, ob die Längenmaße an den verschiedenen Teilen des Skelets überall in ganz dem gleichen Maße abnehmen oder ob da nicht Differenzen an den einzelnen Regionen des Körpers bei gleichgroßen Knochen bestehen. Es scheint so, als ob die Längenmaße im Bereich der vorderen Extremität beträchtlicher abnehmen bei der domestizierten Form als die Längenmaße bei ent-

Fortsetzung der Tabelle B.

Iltis-

Körper- gew.	Femur			Tibia			Fibula			Scapula		
	frisch	trocken	Verlust in %	frisch	trocken	Verlust in %	frisch	trocken	Verlust in %	frisch	trocken	Verlust in %
558	1,64	1,12	31,7	1,20	0,92	23,3	0,26	0,20	23,0	0,59	0,44	25,2
638	1,40	0,87	37,8	1,12	0,73	34,8	0,23	0,17	26	0,42	0,32	23,8
670	1,45	0,86	40,6	1,19	0,83	30,2	0,25	0,18	28	0,44	0,33	22,7
846	2,2	1,23	44	1,73	1,03	40,4	0,4	0,28	30	0,75	0,51	32
965	2,57	1,59	38,1	2,13	1,38	35,2	0,45	0,35	22,2	0,79	0,65	17,8
1042	2,38	1,55	34,8	2,01	1,30	35,3	0,37	0,30	18,8	0,74	0,57	22,9
1072,5	2,05	1,46	28,7	1,63	1,18	33,7	0,39	0,27	30,7	0,64	0,48	25
1312	2,44	—	—	2,04	—	—	0,41	—	—	0,70	—	—
1376	2,65	1,89	28,6	2,25	1,6	28,8	0,43	0,35	18,6	0,89	0,72	19,1
1447	2,7	1,71	36,6	2,4	1,57	34,5	0,55	0,42	23,6	0,85	0,6	29,4
1470	3,2	2,2	31,2	2,6	1,97	24,2	0,55	0,41	25,4	1,1	0,85	20,9
Iltis-												
468	1,1	0,89	20	0,8	0,53	33,7	0,18	0,13	27,7	0,33	0,25	24,2
651	1,45	1,0	31	1,1	0,82	25,4	0,22	0,20	9,9	0,46	0,35	23,9
685	1,48	1,0	32,4	1,19	0,85	28,5	0,23	0,18	21,7	0,48	0,35	27
730	1,56	1,06	32	1,22	0,85	30,3	0,23	0,18	21,7	0,59	0,46	22
814,5	1,82	—	—	1,48	—	—	0,30	—	—	0,61	—	—

sprechend großen Knochen der hinteren Extremität. Aber es gilt dies nur für die Weibchen, bei den Männchen läßt sich etwas Derartiges nicht feststellen. Sicher entscheiden könnte man diese Frage natürlich nur an einem bedeutend größeren Material, als es mir bis jetzt zur Verfügung steht.

Fragen wir nach dem Grunde der Verkürzung, so erhebt sich zunächst die Frage, ob sie sich nicht einfach erklären läßt als Folge einer zugleich bestehenden Verkleinerung — d. h. Gewichtsverringerung — der Knochen beim domestizierten Tiere? Denn daß ein an sich leichter Knochen kürzer ist als ein gleich gebauter schwerer, ist ja eigentlich anzunehmen. Wir werden also zunächst nachsehen müssen, ob denn diese verglichenen Knochenteile bei der

Männchen.

Humerus			Ulna			Radius			Penisknochen	Alter	No.
frisch	trocken	Verlust in %	frisch	trocken	Verlust in %	frisch	trocken	Verlust in %			
1,4	0,97	30,7	0,52	0,42	19,2	0,35	0,27	22,8	0,18	nicht ausgew.	10.
1,2	0,75	37,5	0,48	0,35	27	0,27	0,20	25,9	0,15	nicht ausgew. (10 Mon.)	3. domestiziert
1,36	0,87	36	0,5	0,38	24	0,38	0,25	34,2	0,14	"	4. domestiziert
2,05	1,18	42,9	0,82	0,58	26,8	0,55	0,36	34,5	0,19	nicht ausgew. eben	9.
2,19	1,43	34,7	0,88	0,7	20,4	0,53	0,40	24,5	—	ausgew.	13.
2,14	1,45	32,2	0,86	0,75	12,7	0,53	0,45	15	0,19	"	8.
1,79	1,25	30,1	0,69	0,59	14,4	0,41	0,32	21,9	0,51	ausgew.	2.
2,21	—	—	0,92	—	—	0,56	—	—	0,72	?	14.
2,20	1,52	30,8	0,97	0,81	16,4	0,65	0,52	20	0,6	ausgew.	1.
2,48	1,60	35,4	1,02	0,79	22,5	0,60	0,45	22	0,22	"	6.
2,52	1,84	26,7	1,1	0,92	16,3	0,65	0,53	18	1,4	"	15.

Weibchen.

1,03	0,64	38,1	0,37	0,29	21,6	0,23	0,17	35,2	—	nicht ausgew. (10 Mon.)	5. demestiziert
1,19	0,82	31	0,45	0,37	17,7	0,27	0,22	18,5	—	ausgew.	7.
1,22	0,92	24,5	0,50	0,44	12	0,28	0,24	14,2	—	"	12.
1,24	0,94	24,1	0,51	0,43	8,5	0,30	0,25	16,6	—	"	11.
1,38	—	—	0,70	—	—	0,44	—	—	—	"	16.

zahmen Form nicht zugleich auch leichter sind als beim Iltis, und um wieviel sie leichter sind.

Die Gewichte der getrockneten macerierten Knochen zeigen ohne weiteres, daß tatsächlich eine erhebliche Differenz dieser Art besteht, daß die Frettchenknochen nicht bloß kürzer, sondern auch erheblich leichter sind als die entsprechenden Iltisknochen (vgl. Tabelle B). Damit stimmt auch die zahlenmäßig nicht genauer fixierte Tatsache überein, daß auch in der Dicke die Frettchenknochen hinter denen des Iltisses zurückbleiben. Es fragt sich nur, ob die Trockengewichte zum Vergleich benutzt werden dürfen, ob die Frischgewichte des Knochens nicht ein anderes Resultat ergeben würden? Für eine ganze Anzahl von Extremitätenknochen wurde

Tabelle

Frettchen-Männchen.

No.	Alter	Trockengewichte				Wirbel- säule		Schädel		Gesamt- skelet		Durchschnittl. Koeffizient	Körpergewicht
		hinten links	hinten rechts	vorn links	vorn rechts	trocken	frisch	trocken	frisch	trocken	frisch		
I. Iltisfrettchen	nicht ausgewachsen	2,07	2,15	2,00	1,98	5,6	10,02	11,8	21,12	29,08	52,05	1,79	35
X. „	nicht ausgewachsen (krank)	2,14	2,15	2,00	1,95	5,1	8,0	10,3	16,17	26,87	42,18	1,57	37
IX. „	nicht ausgewachsen	2,13	2,12	2,03	2,12	5,45	8,66	11,41	18,14	28,52	45,34	1,59	38
XI. Albinofrettchen	nicht ausgewachsen (krank)	2,59	2,53	2,36	2,36	6,3	10,14	12,75	20,52	32,78	52,77	1,61	52
XV. „	?	—	—	—	—	5,0	—	9,3	—	—	—	—	56
VIII. „	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64
XVI. Iltisfrettchen	ausgewachsen	3,75	3,77	3,32	3,35	10,3	15,45	14,55	21,82	46,11	69,16	1,50	66
III. Albinofrettchen	„	3,10	3,13	2,94	2,94	8,61	12,82	13,72	20,44	39,86	59,39	1,49	80
XVII. „	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	98
XVIII. Iltisfrettchen	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	105

Frettchen-Weibchen.

XIII. Albinofrettchen	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37
XIV. Iltisfrettchen	ausgewachsen	1,92	1,91	1,78	1,77	5,21	7,97	8,8	13,46	—	—	1,53	45
IV. Albinofrettchen	„	1,60	1,81	1,60	1,62	4,83	8,06	7,85	13,10	22,16	37,0	1,67	47
V. „	„	1,44	1,48	1,42	1,42	4,1	7,09	8,13	14,06	20,49	35,44	1,73	56
II. Iltisfrettchen	„	1,85	1,82	1,73	1,63	5,28	8,71	9,08	14,98	24,43	40,30	1,65	57
VI. Albinofrettchen	„	2,17	2,12	1,92	1,91	5,3	8,26	9,05	14,11	25,72	40,12	1,56	61
VII. „	„	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
VII. „	„	2,0	2,01	1,73	1,72	5,25	7,71	8,5	12,49	24,49	36,0	1,47	71
XII. „	—	2,10	2,19	1,85	1,85	6,0	8,82	10,75	15,80	27,95	41,08	1,47	80

skeletgewichte).

Iltis-Männchen.

Körpergewicht	Durchschnittl. Koeffizient	Gesamt- skelet		Schädel		Wirbel- säule		Trockengewichte				Alter	No.
		frisch	trocken	frisch	trocken	frisch	trocken	vorn rechts	vorn links	hinten rechts	hinten links		
58	1,32	54,22	41,08	16,89	12,8	10,84	8,67	3,0	2,97	3,31	3,4	nicht ausgewachsen	10
68	1,44	48,6	33,75	16,98	11,77	9,72	6,75	2,5	2,53	2,85	2,9	nicht ausgew. (10 Monate)	3 domestiziert
70	1,45	50,53	34,85	17,03	11,75	9,74	6,72	2,77	2,76	3,1	3,25	"	4 domestiziert
84	1,56	77,0	49,36	27,34	17,53	15,94	10,22	3,76	3,90	4,02	3,9	nicht ausgewachsen	9
95	1,39	77,97	56,10	23,53	16,93	16,63	11,97	4,5	4,45	5,17	5,2	eben ausgewachsen	13
142	1,33	76,68	57,66	23,38	17,58	16,05	12,07	4,41	4,40	5,07	5,05	"	8
172,5	1,31	67,60	51,61	20,30	15,5	15,72	12,0	3,78	3,74	4,26	4,25	ausgewachsen	2
312	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	?	14
376	1,27	79,94	62,95	23,19	18,26	18,73	14,75	4,65	4,7	5,41	5,4	ausgewachsen	1
447	1,47	—	—	26,13	17,78	18,66	12,7	7,87	4,82	5,78	5,76	—	—
470	1,30	—	—	29,25	22,56	22,46	17,48	—	—	—	—	—	—

Iltis-Weibchen.

468	1,37	37,09	27,08	12,77	9,32	7,80	5,7	2,17	1,98	2,16	2,25	nicht ausgew. (10 Monate)	5 domestiziert
551	1,29	48,62	37,69	17,13	13,28	10,20	8,5	2,55	2,6	3,11	3,05	ausgewachsen	7
685	1,28	47,52	37,13	15,84	12,38	9,85	8,48	—	24,75	—	—	"	12
730	1,33	50,31	37,83	14,99	11,03	11,75	8,84	—	26,80	—	—	"	11
814,5	—	—	—	—	14,14	—	—	—	—	—	—	"	16

deshalb schon bei der Präparation ihr Frischgewicht, nachdem sie vollkommen von Muskeln, Sehnen und Bändern befreit waren, festgestellt. Zieht man diese Daten zum Vergleich heran, so sieht man, daß die Differenz zwischen Trocken- und Frischgewicht auf seiten der Frettchen eine weit höhere ist als bei den Iltissen. So verliert z. B. die Scapula der Frettchen durch den Trocknungsprozeß um durchschnittlich etwa über $\frac{1}{3}$, die der Iltisse nur um im Durchschnitt $\frac{1}{4}$ an Gewicht. Femur und Tibia nehmen bei der Wildform meist um $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$, bei der zahmen um über $\frac{1}{3}$ bis fast $\frac{1}{2}$ ihres Gewichtes ab. Während der Humerus beim weiblichen Iltis von durchschnittlich 1,2 auf 0,9 g fällt, geht der des weiblichen Fretts von durchschnittlich 0,9 auf 0,53 g herab (vgl. im übrigen die Tabelle B). Es liegt hiernach also klar auf der Hand, daß wir, um Fehler zu vermeiden, nicht die Trocken- sondern die Frischgewichte vergleichen müssen. Aber auch dann noch finden wir, daß die Frettchenknochen bedeutend leichter sind als die der Iltisse, so daß die Verkürzung begründet erscheint. Bei den Extremitätenknochen, wo die Frischgewichte direkt bekannt sind, erkennt man das sofort. Bezüglich Wirbelsäule und Schädel, wo Frischgewichte nicht genommen wurden, stehen uns allerdings nur die Angaben über die trockenen Knochen zur Verfügung. Aber nach der von KLATT (11) angegebenen Methode können wir das mutmaßliche Frischgewicht berechnen, indem wir aus den Angaben über den Trockenverlust der Extremitätenknochen für jedes Tier uns die Durchschnittszahl berechnen, um welche seine Knochensubstanz beim Trocknen verliert, und mit diesem Koeffizienten das Trockengewicht multiplizieren. Dann finden wir auch hier überall ein kleineres Frischgewicht von Wirbelsäule und Schädel beim Frett als beim Iltis (Tabelle C). Die Verkürzung läßt sich also verstehen als eine Folge der Gewichtsabnahme der einzelnen Skeletteile. Ob diese Gewichtsabnahme hinreicht, um den manchmal recht beträchtlichen Grad der Verkürzung voll zu erklären, könnte nur an einem größeren Material entschieden werden, als mir bisher zu Gebote steht.

Es wurde oben festgestellt, daß die Knochen der domestizierten Tiere stärkeren Trockenverlust haben als die der wilden Form. Wie verhält es sich nun mit den übrigen Anteilen der Knochensubstanz, der organischen Grundsubstanz und dem Knochenkalk? Es wurden zu diesem Zwecke das rechte und linke Femur verarbeitet, und zwar wurde das erstere im chemischen Laboratorium der Tierärztlichen Hochschule verbrannt, um so den Gehalt an Knochen-

asche festzustellen, während ich das linke in einer Mischung von Salpetersäure und Chloroform entkalkte, um den Prozentgehalt an organischer Substanz zu ermitteln. Die Flüssigkeit wurde 14 Tage lang einen um den andern Tag gewechselt, dann wurden die Knochen mit Lithiumsulfat und Wasser ausgewaschen und hierauf getrocknet¹⁾; man muß daher wohl annehmen, daß somit alle anorganische Substanz herausgezogen wurde. Zwischen dem rechten und linken Knochen besteht nun ein so geringer Gewichtsunterschied, daß wir diese Differenz ohne weiteres vernachlässigen können. Wenn man daher die Gewichte der Knochen nach der Behandlung zusammenhält, so müßte man das Trockengewicht erhalten. Dem ist jedoch nicht so, sondern wir können feststellen, daß die Summe der beiden Knochenreste eine geringere Zahl ergibt, als das Trockengewicht des Femurs ist. Man kann diese bei den einzelnen Tieren recht verschiedenen Differenzen (vgl. Tabelle D) wohl so erklären, daß bei dem Verbrennungsprozeß noch weitere hygroskopisch gebundene Wassermengen frei werden, die somit dem oben bereits besprochenen Verluste beim Trocknungsprozeß zugezählt werden müssen. Man könnte daher fragen, ob denn auch unter diesen Umständen dann noch ein stärkerer Trocknungsverlust beim Frettchen bestände? Da nennenswerte Unterschiede im Wasserverlust bei der weiteren chemischen Behandlung zwischen beiden Formen nicht bestehen, so geht daraus die Berechtigung der oben aufgestellten Behauptung hervor. Die frischen Knochen der Frettchen erscheinen auch unter Berücksichtigung dieser weiteren Trocknungsverluste noch immer beträchtlich wasserreicher als die der Iltisse. Was jedoch die Knochen-substanz selbst anlangt, so zeigt uns die Tabelle, daß hier kein Unterschied zwischen Wildform und domestizierter Form vorhanden ist, wenn man die Einzeldaten auf das Gewicht des völlig getrockneten Knochens bezieht. Es besteht auf beiden Seiten etwa das gleiche Verhältnis zwischen organischen und anorganischen Bestandteilen.

Im engsten Zusammenhang mit dem Knochenskelet steht die Muskulatur. Von den zahlreichen Muskeln wurden nur zwei als Repräsentanten präpariert, und zwar Temporalis und Masseter. Die Untersuchung ergibt zunächst, daß in bezug auf den Temporalis ein offenkundiger Geschlechtsdimorphismus herrscht (Tabelle E). Das schwerste alte Iltis-Weibchen von 814 g hat immer noch einen absolut leichteren Temporalis (5,24 g) als der kleinste unausgewachsene männ-

1) LEE und MEYER, Grundzüge der mikrosk. Technik.

Tabelle D (chemisch)

Frettchen-Männchen.

No.	Alter	Dieser Unterschied in % auf Trockengewicht bezogen	Unterschied zwischen Trockengewicht und Summe →	Summe des anorgan. u. organ. Restes	Femur links		Femur rechts					Körpergewicht in g
					organ. (entkalkt)	trocken	anorgan. (verbr.)	trocken	frisch	Länge in mm		
I. Iltisfrettchen	nicht ausgewachsen	8,06	0,05	0,57	0,21	0,62	0,36	0,62	1,36	45	351	
X. "	nicht ausgewachsen (krank)	10,14	0,07	0,62	0,20	0,67	0,42	0,71	1,29	43	377	
IX. "	nicht ausgewachsen	10,44	0,07	0,62	0,21	0,65	0,41	0,69	1,21	45	384	
XI. Albinofrettchen	nicht ausgewachsen (krank)	14,1	0,11	0,67	0,23	0,80	0,44	0,76	1,42	44	553	
XV. "	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	561	
VIII. "	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	644	
XVI. Iltisfrettchen	ausgewachsen	12,9	0,16	1,08	0,35	1,24	0,73	1,23	2,01	50	660	
III. Albinofrettchen	"	10,89	0,11	0,93	0,32	1,01	0,61	1,03	1,72	49	801	
XVII. "	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	982	
XVIII. Iltisfrettchen	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1050	

Frettchen-Weibchen.

XIII. Albinofrettchen	?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	378
XIV. Iltisfrettchen	ausgewachsen	8,19	0,05	0,56	0,20	0,62	0,36	0,60	1,0	42	458
IV. Albinofrettchen	„	5,17	0,03	0,55	0,19	0,57	0,36	0,59	1,3	42	475
V. „	„	10,86	0,05	0,41	0,12	0,45	0,25	0,48	0,91	35	561
II. Iltisfrettchen	„	3,5	0,02	0,56	0,18	0,57	0,38	0,58	1,4	42	576
VI. Albinofrettchen	„	4,28	0,03	0,67	0,23	0,70	0,44	0,70	1,16	42	613
VII. Albinofrettchen	„	3,17	0,02	0,61	0,22	0,62	0,39	0,64	1,04	41	711
XII. „	„	8,57	0,06	0,64	0,22	0,69	0,42	0,71	1,11	42	809

Tabelle E (Fell, Herz,

Frettchen-Männchen.

No.	Alter	Darm	Mas- seter		Tempo- ralis		Herz	Fell	Körpergewicht
			links	rechts	links	rechts			
I. Iltisfrettchen	nicht ausgewachsen	188	—	—	—	—	3,11	56,8	351
X. „	nicht ausgewachsen (krank)	195	0,76	0,76	2,56	2,57	2,26	84,4	377,3
IX. „	nicht ausgewachsen	211	0,78	0,72	2,52	2,6	2,87	70,1	384,5
XI. Albinofrettchen	nicht ausgewachsen (krank)	214	1,1	0,99	3,74	3,63	3,5	104,5	553
XV. „	?	238	0,73	0,72	1,8	1,78	3,98	102,3	561
VIII. „	?	220	—	0,75	—	3,8	3,62	123,4	644
XVI. Iltisfrettchen	ausgewachsen	233	1,2	1,13	5,0	5,25	5,17	150	660
III. Albinofrettchen	„	244	1,37	1,32	6,8	6,95	5,79	170	801,5
XVII. „	„	240	—	1,38	—	6,98	6,10	180	982,6
XVIII. Iltisfrettchen	„	243	—	1,47	—	7,1	6,17	191	1050

Frettchen-Weibchen.

XIII. Albinofrettchen	?	—	0,64	0,58	2,54	2,55	2,53	70,36	378
XIV. Iltisfrettchen	ausgewachsen	188	0,56	0,58	2,32	2,30	3,12	111,3	458
IV. Albinofrettchen	„	182	0,65	0,66	2,7	2,71	3,42	94,8	475
V. „	„	190	0,62	0,60	2,97	2,94	4,15	126,4	561
II. Iltisfrettchen	„	186	0,60	0,51	3,3	3,5	4,04	125,4	576
VI. Albinofrettchen	„	188	0,74	0,75	3,5	3,4	4,65	133,8	613
VII. „	„	190	0,80	0,79	3,49	3,48	3,58	154,8	711
XII. „	„	190	0,90	0,89	4,42	4,38	3,64	191,8	809

Kaumuskeln, Darm).

Iltis-Männchen.

Körpergewicht	Fell	Herz	Tempo- ralis		Mas- seter		Darm	Alter	No.
			rechts	links	rechts	links			
558	98	4,87	5,87	5,7	1,2	1,23	212	nicht ausgewachsen	10
638	105,8	4,4	3,83	3,81	0,99	1,5	240	nicht ausgew. (10 Monate)	3 domestiziert
670	136,4	4,84	4,53	4,56	1,11	1,17	247	"	4 domestiziert
846	158	5,56	8,42	—	1,65	—	234	nicht ausgewachsen	9
965	203	9,48	8,02	—	1,5	—	236	eben ausgewachsen	13
1042	202	7,12	8,77	—	1,95	—	238	"	8
1072,5	250,5	7,52	9,65	—	2,01	—	228	ausgewachsen	2
1312	270	9,4	12,82	12,5	1,5	—	230	?	14
1376	299	10,87	11,3	—	2,24	—	233	ausgewachsen	1
1447	300	8,92	10,22	10,25	2,14	—	244	"	6
1470	304	9,8	13,6	—	2,52	—	238	"	15

Iltis-Weibchen.

468	67,27	3,6	3,07	3,04	0,69	0,70	180	nicht ausgew. (10 Monate)	5 domestiziert
651	130	4,57	3,80	—	0,98	—	170	ausgewachsen	7
645	120	4,9	4,6	4,7	1,13	1,1	194	"	12
730	160	4,65	3,94	3,98	1,5	1,5	192	"	11
814,5	198,6	4,89	5,24	—	1,62	—	190	"	16

liche Iltis von nur 558 g (5,8 g). Ein größeres Material, welches das genaue Ausrechnen von Durchschnittszahl für einzelne Größenstufen erlaubte, dürfte wohl ergeben, daß der Temporalis der Weibchen um etwa $\frac{1}{3}$ leichter ist als der gleichgroßer Männchen. Ebenso ist es bei der domestizierten Form. Hier wiegt z. B. der Temporalis ungefähr gleichgroßer Frettchen (No. III u. XII) beim männlichen Tier 6,9 g, beim weiblichen 4,4 g; oder bei einem anderen Vergleichspare (XV u. VII) 5,1 resp. 3,48 g. Was dagegen den Masseter anlangt, so läßt sich eine sichere Entscheidung bezüglich dieses Punktes nicht treffen. Bei der Wildform erscheint er, wenn man gleichgroße Individuen vergleicht, bei den Weibchen annähernd ebenso groß zu sein wie bei den Männchen, und die Unterschiede, welche bei den Frettchen hinsichtlich dieses Punktes meist, aber auch nicht stets bestehen, sind vielleicht richtiger auf Zufälligkeiten anderer Art, nicht auf die Geschlechtsdifferenz zurückzuführen. Nur ein reichlicheres Material gleichgroßer Tiere kann die Entscheidung hierüber liefern.

Wohl aber geht eines mit Sicherheit schon aus dem von mir bisher untersuchten Material hervor, daß beide Muskeln, Temporalis wie Masseter, bei der zahmen Form stets beträchtlich leichter sind als bei der Wildform. Das Gewicht des Temporalis ist beim schwersten männlichen Frettchen immer noch absolut bedeutend geringer als das eines um $\frac{1}{5}$ leichteren und noch dazu nicht ausgewachsenen Iltis-Männchen (No. 9). Bei gleichgroßen Tieren ist der Temporalis bei der Wildform um durchschnittlich $\frac{1}{5}$ schwerer. Ein Vergleich der weiblichen Tiere hinsichtlich des Temporalis zeigt eine ganz entsprechende Gewichtsabnahme bei der domestizierten Form. Ähnlich verhält sich der Masseter, für den wir wenigstens bei den Männchen, soweit wir sie direkt vergleichen können, eine Abnahme im etwa gleichen Verhältnis finden wie beim Temporalis.

Diese Tatsachen sowie die in allen Körperteilen festgestellte Gewichtsabnahme des Skelets, das ja in engstem funktionellen Zusammenhange mit der Muskulatur steht, machen es sehr wahrscheinlich, daß auch für die übrige Körpermuskulatur überall eine Abnahme auf seiten der zahmen Form besteht.

Wenden wir uns nun dem Gehirn zu. Vergleichende Angaben über seine Größe bei beiden Tieren liegen bereits von KLATT (9) vor. Da ihm kein frisches Material zur Verfügung stand, benutzte er die bei den Anthropologen gebräuchliche Methode der Schädelausmessung. Er mißt die Schädel mit Schrot aus und setzt die so

festgestellte Anzahl von Kubikzentimetern gleich der Gewichtszahl des Gehirns in Gramm. Als Wertmesser für die Größe der Tiere benutzt er die Basilarlänge des Schädels. Daß nun diese Methode ziemlich zuverlässlich arbeitet, beweisen meine Resultate. Ich habe nämlich neben der Bestimmung des frischen Hirngewichtes (ohne Dura mater) an allen meinen macerierten Schädeln, soweit sie nicht zu defekt waren, in der gleichen Weise wie KLATT Ausschrotungen der Schädelhöhle vorgenommen. Es ergibt sich, daß die Schädelkapazität meist nur um eine Kleinigkeit (im Gesamtdurchschnitt aller Schädel um $\frac{1}{3}$ ccm) höher ist als das Hirngewicht. In zwei Fällen stimmen beide Zahlen sogar überein; in zwei anderen, wo erhebliche Differenzen (bis zu $\frac{3}{4}$ ccm, Iltis No. 6 u. 7) bestehen, erklären sie sich daraus, daß beide Hirne ziemlich stark verletzt waren. Kleinere Substanzverluste waren übrigens bei der Herausnahme selten völlig zu vermeiden. Der Schädel wurde hierbei durch rings verlaufenden Sägeschnitt eröffnet, das Hirn herausgenommen und ohne Dura mater frisch gewogen. Hierauf wurde jedes zehn Tage lang in einem Überschuß — mindestens das Zehnfache — von Formol (1 : 9 Wasser) gehärtet und dann in ebenso überschüssigem Alkohol (80 %) aufbewahrt.

Vergleichen wir nun die Frischgewichte der Hirne (Tabelle F) bei der zahmen und der Wildform miteinander, so finden wir auch hier wieder wie bei den übrigen bisher besprochenen Organen beim Frettchen die niedrigere Zahl: die Gehirne der Iltis-Männchen wiegen im Durchschnitt 10,5 g, die der männlichen Frettchen nur ca. 7,5 g. Die weiblichen Iltisse zeigen ein durchschnittliches Hirngewicht von 8,5 g, die Frettchen-Weibchen ein solches von durchschnittlich $5\frac{3}{4}$ bis 6 g. Es stimmt auch dieses Resultat sehr gut zu der Feststellung KLATT's, daß beim Frett „das Hirn des zahmen Tieres um $\frac{1}{4}$ kleiner ist als das der wilden Stammform“; vielfach ist der Unterschied sogar noch etwas größer.¹⁾

Auch bezüglich des Gehirns scheint übrigens ebenso wie beim

1) Gewichte des Augapfels, sorgfältig von Muskeln und Konjunktivaresten befreit, wurden gleichfalls genommen. Da aber, wie auch entsprechend aufgestellte Versuche ergeben, das Auge außerordentlich rasch austrocknet, also bei den Iltissen, die mir erst frühestens 24 Stunden nach dem Tode zugestellt wurden, stets stark an Gewicht verloren hatte, war es unmöglich, einwandfreie vergleichende Feststellungen über dieses Organ zu erheben. Es sind daher in den Tabellen nur die Gewichte der gleich nach dem Tode zur Untersuchung gelangten Augen angegeben.

Tabelle F (Gehirn)

Frettchen-Männchen.

No.	Alter	Auge	Rest des Hirns	Klein- hirn	Groß- hirn rechts	Groß- hirn links	Hirngewicht II	Hirngewicht I	Schädel- kapazität	Körper- gewicht
I. Ittisfrettchen	nicht ausgewachsen	—	—	—	—	—	—	—	7,25	351
X. „	nicht ausgewachsen (krank)	0,23	—	—	—	—	—	7,15	7,25	377,3
IX. „	nicht ausgewachsen	0,2	0,62	0,58	1,48	1,4	4,08	7,45	7,75	384,5
XI. Albinofrettchen	nicht ausgewachsen (krank)	0,22	0,53	0,52	1,25	1,25	3,55	7,32	7,5	533,2
XV. „	?	0,24	0,64	0,55	1,55	1,48	4,22	7,79	8,0	561
VIII. „	?	0,25	—	—	—	—	—	7,5	—	614
XVI. Ittisfrettchen	ausgewachsen	0,19	—	—	—	—	—	7,39	—	660
III. Albinofrettchen	„	—	—	—	—	—	—	6,6	—	801,5
XVII. „	„	—	—	—	—	—	—	7,95	—	982,6
XVIII. Ittisfrettchen	„	—	—	—	—	—	—	7,89	—	1050

Frettchen-Weibchen.

XIII. Albinofrettchen	?	0,20	—	—	—	—	—	6,32	—	378
XIV. Ittisfrettchen	ausgewachsen	0,19	—	—	—	—	—	5,76	6,0	458
IV. Albinofrettchen	„	0,21	0,53	0,44	1,12	1,12	3,21	5,42	5,75	475
V. „	„	0,21	0,43	0,38	1,15	1,12	3,08	5,72	5,75	561
II. Ittisfrettchen	„	0,15	0,42	0,38	0,9	0,88	2,58	5,83	—	576
VI. Albinofrettchen	„	0,24	0,6	0,52	1,35	1,3	3,77	6,01	6,5	613
VII. „	„	0,20	0,47	0,39	1,15	1,15	3,16	5,86	6,25	711
XII. „	„	0,21	0,43	0,37	0,98	0,97	2,75	6,18	6,5	809

und Auge).

Iltis-Männchen.

Körper- gewicht	Schädel- kapazität	Hirngewicht I	Hirngewicht II	Großhirn links	Großhirn rechts	Kleinhirn	Rest des Hirns	Auge	Alter	No.
558	7,5	7,1	3,86	1,36	1,35	0,53	0,62		nicht ausgewachsen	10
638	9,0	8,7	3,72	1,37	1,37	0,48	0,5		nicht ausgewachs. (10 Mon.)	3 domestiziert
670	8,25	8,06	3,62	1,32	1,30	0,45	0,55		"	4 domestiziert
846	—	10,27	—	—	—	—	—		nicht ausgewachsen	9
965	10,25	10,0	—	—	—	—	—		eben ausgewachsen	13
1042	11,5	11,5	6,61	2,5	2,5	0,85	0,76		"	8
1072,5	—	10,63	4,36	1,55	1,55	0,59	0,67		ausgewachsen	2
1312	—	10,1	—	—	—	—	—		?	14
1376	10,5	10,27	5,93	2,15	2,02	0,81	0,95		ausgewachsen	1
1447	11,5	10,67	—	—	—	—	—		"	6
1470	11,0	10,9	—	—	—	—	—		"	15

Iltis-Weibchen.

468	7,0	6,9	2,99	1,09	1,09	0,37	0,44		nicht ausgewachs. (10 Mon.)	5 domestiziert
651	7,75	6,82	—	—	—	—	—		ausgewachsen	7
685	8,5	8,3	5,02	1,85	1,87	0,51	0,79		"	12
730	9,25	9,0	5,0	1,85	1,95	0,55	0,65		"	11
814,5	—	9,96	—	—	—	—	—		"	16

Temporalis ein Geschlechtsunterschied sowohl beim Iltis wie beim Frett vorhanden zu sein, indem die Hirngewichte der Weibchen eine Wenigkeit hinter den Hirngewichten gleichgroßer Männchen zurückbleiben.

Es sollte nun weiter versucht werden festzustellen, welche Teile des Hirns vorzugsweise diese Abnahme des Gesamtgewichtes verursachen. Zu diesem Zwecke wurden die in der oben geschilderten gleichartigen Weise behandelten Gehirne, nachdem sie lange Monate hindurch in Alkohol gelegen hatten, in einzelne Teile (beide Hemisphären, Kleinhirn und Rest) zerlegt und neu gewogen, nachdem sie eine gleiche Anzahl von Minuten der Luft ausgesetzt gewesen waren, um einen gleichen Stand der Alkoholverdunstung zu erreichen. Leider waren infolge von Verletzungen nicht alle Hirne brauchbar.

Vergleichen wir zunächst das Frischgewicht des Hirns mit dem Gesamtgewicht desselben nach der Behandlung, so ergibt sich, daß es im einzelnen allerdings sehr wechselnd, im Durchschnitt etwas über die Hälfte abgenommen hat. Aber es läßt sich bei diesem Organ keineswegs wie bei den Knochen auf seiten der domestizierten Form etwa ein stärkerer Verlust nachweisen. Was nun die Hauptfrage anlangt, wie der — natürlich auch nach der Behandlung — bestehende bleibende Unterschied im Gesamtgewicht bei Frett und Iltis sich verteilt auf die Gewichte der einzelnen Teile, so kann leider infolge des geringen verwertbaren Materials mit Sicherheit nichts geschlossen werden. Wollte man dennoch etwas Positives aussagen, so könnte es nur das sein, daß alle Teile etwa gleichmäßig an der Abnahme beteiligt sind.

Ähnlich wie das Gehirn einen Maßstab für die physiologische Gesamtleistungsfähigkeit des Tieres darstellt (KLATT, 10), so gibt auch das Herzgewicht einen solchen ab (HESSE). Von großem Interesse ist es, daß auch hier eine ständige Abnahme bei der zahmen Form zu beobachten ist; während beim männlichen ausgewachsenen Frett zwischen 800 und 1100 g Körpergewicht (III, XVII u. XVIII) das Herz durchschnittlich 6 g wiegt, haben drei etwa entsprechend schwere erwachsene Iltis-Männchen (13, 8, u. 2) ein Herzgewicht von mindestens über 7 g. Ebenso wiegt z. B. bei den Frettchen-Weibchen (II, VI, VII u. XII) das Herz etwa $\frac{3}{4}$ g weniger, nämlich nur 4 g, als bei entsprechend großen Iltis-Weibchen ($4\frac{3}{4}$ g).

Während wir so bisher stets ein Kleinerwerden der Organe in der Domestikation festgestellt haben, sehen wir ein gegenteiliges Verhalten beim Darmkanal, der bei der zahmen Form mindestens

dieselbe Länge besitzt oder sogar noch etwas länger erscheint (im Durchschnitt einige Zentimeter) als bei der Wildform (Tabelle E).

Einen nur sehr geringen Unterschied weisen dann schließlich auch die Fellgewichte bei Frett und Iltis auf (Tabelle E). Es ist das bemerkenswert, da die Dichte des Pelzes, also wahrscheinlich auch die Zahl der Haare, bei der zahmen Form eine beträchtlich geringere ist, und die trotzdem vorhandene annähernde Gleichheit im Gewicht ist zurückzuführen auf eine bei der zahmen Form deutlich erkennbare Zunahme des subcutanen Fettes, das ja zum großen Teil am abgezogenen Fell haften bleibt und mitgewogen wurde. Eine genauere Bestimmung des Unterschiedes des Gesamtfettgewichtes konnte wegen zu großer technischer Schwierigkeiten leider nicht durchgeführt werden.

Es wurde festgestellt, daß zwischen Frettchen und Iltis nicht nur in der Gesamtgröße beträchtliche Differenzen bestehen, sondern daß auch die Beteiligung der einzelnen Organe und Teile des Körpers an der Gesamtzusammensetzung des Tieres bei der wilden Form andere sind als bei der domestizierten. Wir finden insgesamt bei sämtlichen Organen eine zum Teil sehr starke Abnahme des Gewichts. Eine Zunahme zeigt nur der Darm hinsichtlich seiner Länge und die Haut, was das Fett anbetrifft. Ebenso hat der Knochen bei der domestizierten Form eine relative Zunahme betreffs seiner der Austrocknung unterliegenden Bestandteile erfahren. Es fragt sich nun: sind diese Differenzen, die wir zwischen Frett und Iltis angetroffen haben, so schwerwiegend, daß sie sich nur durch erhebliche Unterschiede zwischen beiden Formen erklären lassen, oder können nicht trotz der vielfach erheblichen Differenzen andere nicht erbliche Ursachen in Frage kommen? Da ist es nun von hoher Bedeutung, daß mir drei Iltisse zur Verfügung standen, die in früher Jugend frisch aus der Wildnis eingefangen waren und somit den größten Teil ihres Lebens in Gefangenschaft gehalten wurden. Sie waren ca. 10 Monate alt, als sie mir lebend zur Untersuchung zugestellt wurden. Leider handelt es sich also um nicht ganz ausgewachsene Tiere, und zum Vergleich müssen wir daher nach Möglichkeit gleich-alterige Formen heranziehen.

Ziehen wir nun, wie es im Hauptteil geschehen ist, auch hier die Parallelen zwischen den untersuchten Teilen des Organismus, so finden wir bei diesen gefangenen Wildtieren durchaus gleich-

sinnige Veränderungen, wie sie das Frettchen im Gegensatz zum Iltis aufweist. Es handelt sich um zwei Männchen und ein Weibchen. Alle drei sind die leichtesten der untersuchten Iltisse, was nicht nur auf Konto ihrer Jugendlichkeit zu setzen ist, da andere gleichaltrige Formen noch schwerer sein können. Im Verhältnis zu ihrem Gesamtgewicht haben zugleich die Längenmaße des Skelets abgenommen (Tabelle A). So läßt sich die Basilarlänge bequem einreihen unter die Basilarlängen der Frettchen, fällt aber vollständig heraus aus der Reihe der Iltisbasilarlängen. Es werden z. B. die Basilarlängen der domestizierten Iltisse mit 5,5 und 5,6 von einem noch dazu leichteren wilden Tier mit der Basilarlänge 5,9 weit übertroffen. Dagegen entspricht die Basilarlänge eines Frettchen-Weibchens von 5,2 genau der des gleichgroßen domestizierten Iltis-Weibchens, während die Basilarlänge des nächst größeren Iltis diese schon um $\frac{1}{2}$ cm übertrifft. Die Wirbelsäulenlänge des domestizierten Iltis fällt ebenfalls aus dem Rahmen der entsprechenden Wildformmaße heraus, wenn sie mit einer Länge von 23 cm hinter der eines noch dazu leichteren Iltis, welche 26,8 cm mißt, um fast 4 cm zurücksteht. Bei entsprechenden Frettchen dagegen erhalten wir gleichfalls eine Durchschnittslänge von 23 cm. Ebenso verhält es sich mit den Längenmaßen der Einzelknochen (vgl. Tabelle A).

Ein Vergleich der Knochengewichte (Frischgewichte) zeitigt dasselbe Resultat. So zeigt uns die kleinere Wildform ein Gesamt skeletgewicht von 54,22 g, die größeren domestizierten Iltisse ein Durchschnittsgewicht von 49,5 g (Tabelle C). Ebenso die einzelnen Teile des Skelets. Die Wirbelsäule der domestizierten Iltisse ist leichter als die des wilden Tieres, dagegen ungefähr gleich schwer wie die der zahmen Form. Das Gewicht des Femurs beträgt bei dem wilden Tier 1,64 g, bei dem domestizierten dagegen wie bei annähernd gleichschweren Frettchens nur 1,4 g. Die Scapula des domestizierten Tieres z. B. ist ca. $\frac{1}{4}$ leichter als die des wilden, wiegt jedoch ebensoviel wie die des Frettchens. Es läßt sich die Gewichtsabnahme weiter an allen Knochen zeigen (vgl. Tabelle B).

Der im Hauptteil festgestellte Wasserverlust ist auch hier vorhanden und ebenfalls bei den domestizierten Iltissen wie oben beim Frettchen stärker als bei der Wildform. Betreffs der Veraschung jedoch finden wir, wie auch für das Frettchen mitgeteilt, keine Unterschiede (Tabelle D).

Das bei weitem interessanteste Resultat ergibt jedoch ein Vergleich der Kaumuskeln (Tabelle E). Es haben die domestizierten

Iltis-Männchen Temporalisgewichte von 3,83 resp. 4,53 g, denen der des noch dazu kleineren wilden Iltis von 5,87 g gegenübersteht. Werfen wir dagegen einen Blick auf den Temporalis des Frettchens, so fällt sofort auf, daß die hier gefundenen Daten viel eher denen der domestizierten Iltisse entsprechen. Nicht ganz so stark ist die Abnahme beim Herzgewicht. Doch wiegt das Herz der domestizierten Iltisse immerhin merklich weniger als das der wilden Artgenossen und nähert sich somit der Variationsbreite der Frettchen.

Was dagegen das Gehirn anbetrifft, so läßt sich eine Abnahme gegenüber der Wildform nicht konstatieren, wobei aber natürlich zu berücksichtigen ist, daß mir nur drei derartige domestizierte Iltisse zur Verfügung standen, das Material also sehr beschränkt ist.

Das einzige Organ, welches beim Frettchen eine Zunahme zeigte, weist auch hier beim domestizierten Iltis eine solche auf: der Darm des einen dieser Iltisse gehört mit 240 cm zu den längsten, die ich fand; der des anderen ist von sämtlichen untersuchten Tieren überhaupt der längste (247 cm), übertrifft also sogar noch den des Frettchens an Länge.

Diese domestizierten Iltisse zeigen also, daß man keineswegs gezwungen ist, jene Unterschiede, die zwischen Frettchen und Iltis bestehen, als erbliche aufzufassen, sondern daß allein die verschiedene Haltung derartige Differenzen hervorrufen kann. Der ganze Stoffwechsel wird ja in der Domestikation ein anderer sein müssen. Die Nahrung, welche regelmäßiger und in größerer Menge verabreicht wird und hier beim Frett zum großen Teil nur aus pflanzlichen Stoffen besteht, wirkt hin auf eine Längenzunahme des Darmes, der ja bei den Pflanzenfressern stets länger ist als bei Fleischfressern. Die Einschränkung der Bewegungen bewirkt eine Gewichtsabnahme der Muskulatur. Eine Folge davon ist, daß auch das ganze Knochenskelet leichter wird. Die Tätigkeit des Herzmuskels wird zugleich damit eine geringere, also nimmt sein Gewicht ab. Alles das sind Momente, die, ohne daß erbliche Differenzen hinzutreten brauchen, erhebliche Modifikationen auch in der ganzen Körpergestaltung hervorrufen können. Wenn also die Domestikation allein schon derartige Unterschiede hervorzubringen vermag, so sehen wir, wie außerordentlich schwer es sein muß, unter den verschiedenen Rassen der Wildform genau diejenige herauszusuchen, welche als die alleinige Stammform in Betracht kommt. Gerade beim Frett können wir diese Schwierigkeit deutlich erkennen. Sehen wir zu, was HENSEL zu der Annahme veranlaßt, *Foetorius eversmannii* in

näheren Zusammenhang mit dem Frett zu bringen als unseren Iltis, so sind es insbesondere drei Punkte. Das eine ist der Gesamtgrößenunterschied, und weiter sind es jene oben erwähnten Merkmale am Schädel, die stärkere Einschnürung der Stirn hinter den Augenhöhlen und die Kleinheit des letzten Backenzahnes am Unterkiefer. Von diesen Unterschieden stellen sich wenigstens die beiden erstgenannten aber ohne weiteres als sehr mögliche Ergebnisse einer nicht einmal notwendigerweise lange fortgesetzten Domestikation heraus. Wie schon NEHRING ganz allgemein sagt und wie auch wir zahlenmäßig bei dem obigen Objekt feststellten, hat die Domestikation eine Verringerung der Gesamtgröße zur Folge. Die stärkere Einschnürung an den Stirnbeinen aber ließe sich vielleicht erklären durch die Abnahme des Gehirns, die ja gleichfalls eine allgemeine Domestikationserscheinung zu sein scheint (KLATT).

Anhang.

Andere mituntersuchte Musteliden.

		Ge- schlecht	Gewicht in g	Fell	Tem- po- ralis	Masseter	Ge- hirn	Herz	Darm- länge in cm
1.	Steinmarder	O	1244,5	210	8,0	2,44	21,2	8,23	200
2.	"	O	1260	210	10,55	3,2	20,1	8,5	222
3.	"	O	1293	215	7,1	2,26	20,81	9,3	224
4.	"	O	1374	224	7,35	2,6	22,15	9,0	228
5.	"	O	1608	222	14,6	3,94	22,75	12,0	215
6.	Baumwilder	O	709	131	6,23	1,92	18,15	7,2	208
1.	Wiesel	O	146	18	—	—	4,3	—	—
2.	"	O	228,5	33	—	—	5,24	—	—
3.	"	O	252	33	2,77	0,6	5,9	2,1	131

Literaturverzeichnis.

1. BREHM's Tierleben, Vol. 1, p. 586, Leipzig u. Wien 1890.
2. DARWIN's gesammelte Werke, Vol. 3 u. 4, Das Variiren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation, Stuttgart 1878.
3. V. FISCHER, JOH., Das Frettchen, eine Anleitung zu dessen Zucht, Pflege und Abrichtung, Frankfurt a. M. 1883.
4. GERVAIS, Hist. nat. des Mammifères, Paris 1854, Vol. 2, p. 112.
5. HAHN, ED., Die Haustiere und ihre Beziehungen zur Wirtschaft des Menschen, p. 260, Leipzig 1896.
6. HENSEL, REINH., Craniologische Studien, p. 152 ff., Halle 1881.
7. HESSE-DOFLEIN, Tierbau und Tierleben, Vol. 1, p. 424 f., Berlin und Leipzig 1910.
8. HOFFMANN, Allgemeine Tierzucht, Stuttgart 1899.
9. KLATT, BERTHOLD, Ueber die Veränderung der Schädelkapazität in der Domestikation, in: SB. naturf. Freunde Berlin, 1912, No. 3.
10. —, Ueber den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild nebst Bemerkungen über die Vorgeschichte der Haustiere, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 36, 1913.
11. —, Bericht über eine Reise nach Eritrea im Frühjahr 1913, in: SB. naturf. Freunde Berlin, 1913, No. 8.
12. SETTEGAST, Die Thierzucht, Vol. 1, p. 260, Breslau 1888.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildenten.

Von

Dr. med. vet. **Otto Timmann** †.

(Aus dem Zoologischen Institut der Kgl. Landw. Hochschule Berlin.)

Allgemein wird heute angenommen, daß unsere Hausente mit ihren verschiedenen Rassen von der wildlebenden Stockente (*Anas boschas* L.) abstammt. Schon DARWIN hat sich zu dieser Anschauung bekannt und darauf hingewiesen, daß nicht nur die weitgehenden Ähnlichkeiten im anatomischen Bau und in der Entwicklung beider Arten, sondern auch historische Tatsachen und Zuchtexperimente für diese Auffassung sprechen.

Die Geschichte der domestizierten Ente reicht im Vergleich mit der anderer Haustiere nicht sehr weit zurück. Nach DARWIN war sie den Ägyptern, den Juden des Alten Testaments und den Griechen als Hausgeflügel nicht bekannt. Und COLUMELLA berichtet, daß zu seiner Zeit die Hausenten der Römer sehr wenig zahm gewesen und meist sogar in Einfriedigungen gehalten werden mußten, um sie am Fortfliegen zu verhindern. Auch wurde von ihm empfohlen, den schon gezähmten Tieren zwecks Vermehrung der Zucht Eier wilder Enten zum Brüten unterzulegen. Aus dieser Angabe jenes römischen Autors schließt DARWIN, daß zu dessen Zeit die Haltung der Enten noch nicht sehr weit gediehen sein konnte, vielleicht sogar die Zucht erst begonnen hatte.

Um die Abstammungsfrage experimentell zu lösen, hatte ein Zeitgenosse DARWIN's, HEWITT, Zuchtversuche angestellt. Er brachte Wildenten, die genau unter den Lebensbedingungen von Hausenten lebten, in der Gefangenschaft zur Fortpflanzung. Schon in der dritten Generation stellte sich eine wesentliche Verschlechterung im Charakter der wilden Ente heraus. Die Nachkommen des wilden Vogels, die ebenfalls wie Hausenten gehalten wurden, verloren ganz die Form der Stammeseltern und nahmen mehr und mehr den Typus, Habitus und die Konstitution der gemeinen Hausente an. Ferner stellte sich heraus, daß bei Kreuzungen verschiedenfarbiger Hausenterrassen Rückschläge auf die Wildente in der Farbe vorkamen. Aus einer Kreuzung zwischen einem weißen Aylesbury-Erpel und einer schwarzen Labradorente ging eine Form hervor, die in der Farbe des Gefieders der Wildente ziemlich gleich kam. Ein weiterer Beweisgrund für die sehr nahe Verwandtschaft zwischen der wilden und zahmen Ente ist der, daß beide sich sehr leicht kreuzen lassen und Bastarde erzeugen, die wieder fruchtbar sind.

Was die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse bei beiden Arten anlangt, so liegen hierzu gleichfalls schon mehrere Arbeiten vor, deren jede jedoch nur das eine oder andere Organ der Tiere vergleicht. So gibt z. B. DARWIN mehrere vergleichende Daten über das Skelettsystem, LAPIQUE u. GIRARD über das Hirn, GROBER über das Herz. Eine vergleichende Bearbeitung des ganzen Tieres, die sich über alle Teile und Organe des Tieres erstreckt, liegt in der Literatur bisher nicht vor. Auch meine folgenden Untersuchungen beanspruchen nicht im entferntesten, als eine auch nur annähernd erschöpfende Antwort auf alle Fragen angesehen zu werden. Schon die Fragestellung selbst ist eine durchaus einseitige, indem es mir darauf ankam, durch genaue metrische Untersuchungen beider Arten, insbesondere Wägungen, Ähnlichkeiten oder Verschiedenheiten homologer Organe festzustellen, während der rein morphologische Vergleich in den Hintergrund trat. Aber dadurch, daß diese eine Fragestellung nicht bloß auf ein Organ, sondern auf mehr oder minder alle Organe des Tieres angewandt wurde, hoffe ich eine gewisse Grundlage geliefert zu haben, auf welcher man weiter bauen kann.

Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. HESSE, der mir auch, ebenso wie Herr Privatdozent Dr. KLATT, während der Ausführung in jeder Weise Rat und Hilfe gütigst gewährt hat. Ich erlaube mir daher,

auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. HESSE und Herrn Dr. KLATT meinen tiefgefühlten Dank auszusprechen.

Was das Material anlangt, so kam es mir naturgemäß nicht darauf an, alle die vielen verschiedenen Rassen und Schläge zu bearbeiten, die im Laufe der Jahrhunderte aus der einfachen Haus- oder Bauernente herausgezüchtet worden sind, sondern diese selbst als einfachste am wenigsten veränderte Form bot mir das Material für die eine der beiden Vergleichsreihen. Die Zahl der untersuchten Hausenten beträgt 14, und zwar sind es 7 Erpel und 7 Enten. Allerdings befindet sich darunter ein junges Tier (No. 8), welches bei der Berechnung der Durchschnittszahl nicht mit verwendet wurde. Was die für die Arbeit erforderlichen wilden Stockenten betrifft, so kamen nur wirklich freilebende, direkt gefangene Tiere in Betracht; solche aus Tiergärten sind nicht geeignet, einmal weil leicht Einkreuzungen mit Hausenten stattgefunden haben können, ferner weil ja infolge der hier andersartigen Lebensbedingungen ähnliche Veränderungen wie durch die Domestikation eingetreten sein können. Die von mir benutzten Tiere stammten sämtlich von der Insel Sylt, wo sie im Herbst auf dem Fluge zu den südlicher gelegenen Winterplätzen gefangen wurden. Aus bestimmten unten ersichtlichen Gründen wurde auch noch eine Anzahl Krickenten von demselben Fundort mit verarbeitet sowie eine mir in totem Zustande überlieferte Zwerghausente. Alle übrigen, sowohl die Hausenten, die von einem Händler in Berlin bezogen waren, als auch die Wildenten habe ich in lebendem Zustande bekommen. So wurde ich vor Fehlerquellen, die durch etwaige Schußverletzungen, Blutverluste oder Fäulnisprozesse veranlaßt werden konnten, bewahrt. Betreffs der Arbeitsmethoden sei erwähnt, daß diese stets in möglichst gleicher Weise durchgeführt wurden. Etwaige Fehlerquellen, die trotz aller Bemühungen exakt zu arbeiten, vielleicht doch entstanden sein mögen, sind dann wenigstens bei allen Tieren einheitlich vorhanden und können daher wohl überall vernachlässigt werden.

Zur Tötung der Enten, die möglichst rasch und ohne Substanzverlust erfolgen sollte, diente Chloroform. Dabei konnte ein verschiedenes Verhalten der wilden und zahmen Tiere den Dämpfen gegenüber nicht beachtet werden. Die sichtbaren Lebenserscheinungen, Atem, Augenblinzeln usw. hörten bei annähernd gleichen Chloroformmengen nach anfänglichem Erregungszustand fast immer schon binnen 10 Minuten auf. Die getöteten, noch lebenswarmen Tiere wurden dann sofort gewogen, unmittelbar darauf vollständig gerupft

und wiederum gewogen. Die Differenz dieser beiden Gewichte stellt also das Gewicht der Federn dar. Später wurden nach Abzug der Werte für etwa vorhandene Inhaltsmassen im Schlund, Magen und Darm die reinen Gewichte für den Körper mit und ohne Federn ermittelt. Hieran schloß sich zunächst die Präparation der Augen, die von sämtlichen Nebenorganen, Muskeln usw. und vom Sehnerven befreit einzeln gewogen wurden. Die Herausnahme des Gehirns erfolgte unter Abnahme des Schädeldaches mit dem Messer. Die Trennung vom Rückenmark wurde unmittelbar hinter der Medulla oblongata vorgenommen. Die Gehirnnerven wurden unmittelbar an ihrem Ursprung abgeschnitten. Die Wägung des Gehirns erfolgte nach Ablösung der harten Hirnhaut. Zwecks Konservierung wurden die Gehirne sämtlich 8 Tage in Formol (1:9) und darauf zum Aufbewahren in 80 % igen Alkohol gelegt. Es folgten nun nach Präparation und Wägung der Bürzeldrüse die Öffnung der Leibeshöhle mit Herausnahme des Muskelmagens und des Darmes. Zur genauen Ermittlung des Gewichts des Muskelmagens wurde er dicht am Drüsenmagen und Darm abgetrennt, völlig vom Binde- und Fettgewebe befreit, durch einen Längsschnitt geöffnet, des Inhalts beraubt und dann sorgfältig gereinigt. Der Darm wurde vom Magen bis zum After gemessen. Von einer metrischen Untersuchung der Lungen und Nieren sowie der Leber, des Hodens und Eierstockes wurde Abstand genommen, weil erstere zu schwierig ohne Substanzverlust zu wägen sind, letztere dagegen bekanntlich je nach Nahrung bzw. Jahreszeit zu variable Werte ergeben. Von besonderer Wichtigkeit war die Wägung des Herzens. Es wurde mit den großen Gefäßen losgelöst, die dann völlig entfernt wurden. Durch Längsschnitte wurden die Kammern geöffnet und vorhandene Blutgerinnsel beseitigt und der Herzmuskel mit Löschpapier flüchtig abgetrocknet, so daß nur der eigentliche Herzmuskel gewogen wurde.¹⁾ Was die Bearbeitung der Körpermuskulatur betrifft, so beschränkte ich mich auf die Wägung einzelner bestimmter Muskelgruppen, denn sämtliche Muskeln des Körpers einzeln zu präparieren und zu wiegen, wäre eine viel zu umfangreiche und wegen des rasch eintrocknenden Materials nicht fehlerfreie Arbeit gewesen. Nur die gut isolierbaren und für die Flug- und Laufbewegung besonders wichtigen Brust- und Unterschenkelmuskeln wurden präpariert. Die Muskeln wurden

1) Es ist das die schon von MÜLLER und von HESSE angegebene Methode der Herzgewichtbestimmung. Siehe darüber KLATT (16).

von Fett und Sehnen befreit und so gewogen. Nach Entfernung der Weichteile wurde das Skelet völlig in Wasser maceriert und die gereinigten Knochen in der Sonne gleichmäßig und hinreichend getrocknet. Zur eingehenderen Untersuchung wurden auch hier nur einzelne Skeletteile herangezogen. Für diese war schon bei der Präparation das Frischgewicht nach sorgfältigem Abschaben festgestellt.

Während bei den Säugetieren die primitiven Haustierformen meistens kleiner sind als die wilden Stammformen, eine Tatsache, auf die besonders NEHRING wiederholt aufmerksam gemacht hat, sehen wir, daß bei dem Hausgeflügel fast stets schon die einfachsten, nicht besonderer Züchtung unterworfenen Formen mindestens ebenso groß oder größer sind als die Stammarten.¹⁾ Man vergleiche nur Bankiva mit gewöhnlichem Landhuhn, die wilde Felstaube mit gewöhnlichen Feldflüchtern, Graugans mit Hausgans etc. Was den Schwan anlangt, so berichtet HEINROTH, unser bester Kenner der Entenvögel, der in ausgedehntestem Maße Gelegenheit hatte, diese Familie zu beobachten und zu untersuchen, daß der domestizierte Höckerschwan seinen wilden am Schwarzen Meer gefangenen Stammesgenossen in der Größe in keiner Weise nachsteht, allerdings sie auch nicht übertrifft. Dasselbe ist nun auch bei den Enten zu beobachten. Die schwersten meiner Wildenten reichen eben an die untere Grenze der Gewichtswerte für die Hausente heran. Im Durchschnitt sind die zahmen um weit über die Hälfte schwerer als die wilden (Männchen zahm 1686 gegen Männchen wild 984 g, Weibchen zahm 1666 gegen Weibchen wild 852 g). Zugleich ist die Variationsbreite bei der zahmen Form eine erheblich größere. Sie schwankt beim Männchen der Hausente zwischen 1059 und 2426 im Gegensatz zum Männchen der Wildente mit den Grenzwerten 777 g und 1135 g. Bei den zahmen Weibchen sind 1414 g und 1945 g, bei den wilden Weibchen 808 und 953 g die Grenzwerte.

Dies machte natürlich den Vergleich um vieles schwieriger, als wenn man annähernd gleich große Exemplare zur Verfügung gehabt

1) Es ist als tiergeographische Parallele sehr interessant, daß ein ähnlicher Unterschied zwischen Säugern und Vögeln auch bei Inselformen zu beobachten ist. Die Inselfäuger neigen vielfach zum Zwergwuchs, die auf Insel beschränkten Vögel dagegen eher zu Riesenwuchs, z. B. die Dronte auf Mauritius.

hätte. Dann hätte man direkt erkennen können, welchen Einfluß die Domestikation auf jedes einzelne Organ, auf Muskulatur und Skelet ausübt. Das ist bei verschiedenen schweren Tieren keineswegs ohne weiteres möglich, und es müssen infolgedessen die Einzelzahlen auf irgendeine bestimmte Einheit bezogen werden, um vergleichbare Werte zu schaffen. Die allgemein übliche Methode ist nun die, alle Gewichtswerte der einzelnen Organe auf das Körpergewicht als Einheit zu beziehen. Dies schien auch für diese Arbeit die zweckmäßigste zu sein. Allerdings hat auch diese Methode ihre Nachteile. Zwar tritt hervor, welches Einzelorgan in dem einen Körper relativ groß, in dem andern relativ klein ist. Aber es kann das Gesamtkörpergewicht von sonst gleich großen Tieren durch einzelne oft stark variierende Gewichtswerte, wie die der Fettmassen und des Gefieders, erheblichen Schwankungen ausgesetzt sein, so daß hierdurch die relativen Werte anderer Organe oft nicht unwesentlich beeinflußt und infolgedessen nicht richtig beurteilt werden. Dieser Einwand verliert aber insofern viel von seiner Berechtigung, als unter den in dieser Arbeit verwerteten Tieren neben etwa normal beschaffenen sich sowohl fette als sehr magere fanden, so daß es möglich war, aus den gefundenen Einzelgewichten den Durchschnitt zu berechnen.

Von tieferer Bedeutung dürfte eine andere Frage sein, nämlich die, ob man die relativen Gewichte der Organe von Wild- und Hausente ohne weiteres zum Vergleich nebeneinander stellen darf. Haben diese Zahlen nicht auch nur einen sehr bedingten Wert? Es spielt hier ein Faktor eine so wesentliche Rolle, daß er keineswegs unberücksichtigt bleiben kann. WELCKER wies schon darauf hin, daß „nicht die Qualität des Tieres je nach der Klasse, sondern seine Körpergröße es sei, welche den tiefst eingreifenden Einfluß auf die Gewichtswerte seiner Hauptorgane besäße.“¹⁾ Er begründet seine Ansicht in sehr einleuchtender Weise. Vom physikalisch-physiologischen Standpunkt aus ist es ganz undenkbar, daß ein großes Tier die einfache Vergrößerung eines kleinen sein kann. Denn wenn die Größe eines Tieres steigt, so muß nach mathematischem Gesetz das Volumen und damit das Gewicht im höheren Maße zunehmen als die Oberfläche. Da nun der tierische Körper zweierlei nach verschiedenen Grundsätzen gebaute Organe aufzuweisen hat, nämlich,

1) Vgl. auch hierüber, was den Einfluß der Gesamtgröße speziell auf die Form des Skelets anlangt, KLATT (15).

wie BRANDT sie bezeichnet, Massenorgane, zu denen der Stütz- und Bewegungsapparat, und Flächenorgane, zu denen Gehirn und Sinnesorgane zu rechnen wären, so ist es von Wichtigkeit, einmal nachzuforschen, wie diese sich bei einer allgemeinen Vergrößerung des Körpers verhalten werden. Auch sie sind natürlich dem Gesetz von dem ungleichmäßigen Ansteigen von Volumen und Oberfläche unterworfen, so daß hier wohl Unterschiede in ihrem Verhältnis zum ganzen Körper anzunehmen sind.

Wie bekannt ist, wird die Fähigkeit eines Muskels, eine bestimmte Last in der Zeiteinheit über eine gewisse Strecke zu bewegen, nicht nach seinem Volumen, sondern nach seinem Querschnitt bestimmt und muß nach Maßgabe desselben auch wachsen. Man stelle sich den Muskel als geometrischen Körper, etwa als vierseitiges Prisma mit den Seiten 2, 2, 3 vor, so würde das Volumen 12, der Querschnitt = 4 sein. Bei Verdoppelung der Seiten würde sich das Volumen = 96, der Querschnitt = 16 ergeben. Das würde also eine achtfache Steigerung des Volumens, dagegen eine nur vierfache des Querschnitts bedeuten, d. h. mithin, bei einfacher Verdoppelung des Muskels wird das Gewicht 8mal so groß, die Zahl der Muskelfasern aber nur 4 mal so groß sein wie bei dem nicht vergrößerten Muskel. Die Verdoppelung der Dimensionen hat demnach zur Folge, daß der Muskel nicht mehr imstande ist, dasselbe zu leisten wie vorher, die gesamte Körpermuskulatur vielleicht den Körper nicht mehr bewegen kann. Ähnlich wird es sich auch mit den Knochen verhalten, wo ebenfalls der Querschnitt maßgebend ist für Stärke und Stützfähigkeit (WELCKER, HESSE). Allerdings werden hier die Gewichtsverhältnisse noch dadurch wesentlich kompliziert, daß bei Vergrößerung die kompakte Knochensubstanz teilweise durch Spongiosa oder Mark ersetzt werden kann, also in dem Verhältnis zwischen Oberfläche und Masse nicht immer ein großer Unterschied zu entstehen braucht. Jedoch wird die Gewichtszunahme der Knochen mit der der Muskeln im allgemeinen in engem Zusammenhang stehen, so daß auch hier ähnliche Überlegungen aufzustellen wären. Damit nun aber Muskulatur und Skelet ihren Aufgaben, als bewegende und stützende Organe zu wirken, nachkommen können, müssen sie bei Vergrößerung des Körpers nicht nur in gleicher Weise, sondern sogar in erhöhtem Maße vergrößert werden. Es muß also bei einem großen Tier derselben Art, das dieselbe Beweglichkeit wie ein kleines haben soll, ein bedeutend größerer Aufwand an Muskel- und Knochenmasse stattfinden als bei

einem kleinen. Es wäre dann nur ganz natürlich, wenn man auch relativ die höhere Ziffer für Muskulatur und Skelet beim großen Individuum feststellte.

Ganz anders werden sich nun die Flächenorgane, Hirn und Sinnesorgane, verhalten. Nach DUBOIS hängt das Hirngewicht eines jeden Tieres von zwei wichtigen Faktoren ab: 1. von dem Entwicklungsgrad, den das Gehirn als Organ erreicht hat, 2. von der Körpergröße des Tieres. Was den ersten Punkt anlangt, so ist es zweifelsohne der Grad der Beziehungen zur Außenwelt, der den bedeutendsten Einfluß auf die Entwicklung des Zentralnervensystems ausübt. Allerdings sind es nur die psychischen Elemente, die größtenteils durch die Verschiedenheit der Lebensbedingungen betroffen werden. Hierüber an diesem Ort zu sprechen, erübrigt sich, weil es sich ja in dieser Arbeit nicht um verschiedene, sondern um artgleiche Tiere handelt. Dagegen ist auch hier wieder der zweite Punkt, der Einfluß der Körpergröße auf das Hirngewicht, von größter Wichtigkeit. ALBRECHT VON HALLER hat zuerst erkannt, daß die relative Hirnmenge mit der Größenzunahme der Tiere abnimmt, eine Tatsache, die BRANDT in folgender Weise erklärt. Wie bereits erwähnt wurde, findet man bei dem kleineren Tier die relativ größere Körperoberfläche. Infolgedessen sind der Wärmeverlust und damit der Stoffwechsel erheblicher, die im Dienst des Stoffwechsels stehenden Organe werden intensiver arbeiten müssen als bei einem großen Tier mit relativ kleiner Körperoberfläche. Je größer nun die Mehrleistung der Organe ist, desto bedeutender wird auch die Entwicklung der Gehirnzentren sein, von denen jene in ihrer Arbeit abhängen. Von der Größe der Gesamtoberfläche des Tieres ist auch gleichzeitig die Zahl seiner Nervenendigungen in derselben abhängig. Auf der relativ kleineren Oberfläche des großen Tieres werden sich demnach relativ weniger Endapparate von Nerven befinden als auf der eines kleinen, was durch Zählungen der Fasern in Nervenstämmen erwiesen ist. Dies erklärt auch die größere Empfindlichkeit, die man häufig bei kleinen Menschen, vor allem aber bei kleinen Hunden beobachten kann. Da weiter der Muskelquerschnitt und damit die Zahl, wenn auch nicht die Dicke der Muskelfasern beim kleinen Tier relativ größer ist, so wird es sich mit der Zahl der die Fasern versorgenden Nerven ebenso verhalten. Dasselbe läßt sich auch von anderen Sinnesorganen sagen. So haben die Stäbchen auf der Retina des Auges bei einer Tierart dieselbe Größe (zitiert nach DUBOIS), woraus man schließen muß, daß auf 1 Quadratmillimeter der Retina

stets etwa die gleiche Anzahl von Stäbchen kommt. Bedenkt man nun, daß die relativ größere Retina, die doch übrigens ja auch nichts weiter als eine Fläche ist, beim kleinen Tier zu suchen ist, so sieht man auch ein, warum die Menge der Retinastäbchen und der Nervenfasern im Sehnerven bei kleinen Individuen erheblicher sein muß als bei großen. Mit der relativen Größenzunahme der Netzhaut muß nun aber eine Vergrößerung des ganzen Augapfels Hand in Hand gehen; daher wird man beim kleinen Tier auch das relativ größere bzw. schwerere Auge finden. Aus all diesen Tatsachen kann man also schließen, daß mit einer wenn auch nur geringen Vergrößerung eines Sinnesorgans eine entsprechende Entwicklung des betreffenden Zentrums oder der Projektionszone im Zentralnervensystem, wie DUBOIS sagt, stattfinden muß. Und ferner wäre hiermit dann erklärt, warum bei dem kleineren Tier ein relativ schwereres Gehirn gefunden wird als bei dem großen. Diese kritischen Erwägungen zeigen deutlich, daß es nötig ist, die relativen Gewichte nur mit Vorsicht zu vergleichen. Leider sind nun bei meinen Untersuchungen meist beträchtliche Größenunterschiede vorhanden, so daß hier die eben erörterten Schwierigkeiten vorliegen und es in einzelnen Fällen so kaum möglich sein wird, zu entscheiden, ob der jeweilige Unterschied in den relativen Zahlen aus dem Größenunterschied allein zu erklären ist oder ob andere Faktoren mitspielen. Um da zu einer klareren Einsicht zu gelangen, versuchte ich zunächst, diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, indem ich möglichst kleine Hausenten mit zur Untersuchung heranzog. Es gelang mir aber nur mit Mühe, ein Exemplar von diesen selten gehaltenen Zwergenten zu bekommen, das ja nun allerdings direkt mit den Wildenten verglichen werden kann. So versuchte ich es denn noch in anderer Weise, indem ich mir Krickenten zur Untersuchung besorgte, die ein durchschnittliches Gewicht von 260 g besitzen. Die Überlegung, die mich dabei führte, war die folgende. Da Krick- und Stockente unter annähernd gleichen Bedingungen leben im Gegensatz zur Hausente, so werden bei diesen beiden etwaige Unterschiede in den relativen Zahlenwerten sich allein aus den verschiedenen Größen beider erklären lassen, und wir gewinnen somit durch den Vergleich der relativen Zahlen bei beiden einen Maßstab, der uns angibt, in welchem Grade die relativen Gewichte der einzelnen Organe mit steigendem Gesamtgewicht ab- bzw. zunehmen. Aus diesem für jedes Maß verschiedenen

Tabelle 1 (Muskel-

No.	Zehenbeuger		Zehenstrecker		Gastrocnemius		Unterschied zwischen rechts und links	
	‰	absol.	‰	absol.	‰	absol.	Pect. min.	Pect. maj.
1	4,797	1,05	3,863	0,86	6,019	1,34	—	—
2	4,826	1,18	3,62	0,92	6,789	1,66	—	—
3	5,658	1,94	4,165	1,06	7,151	1,82	—	—
4	5,054	1,62	4,212	1,35	6,489	2,08	—	—
Durchschnitt	5,083	1,322	4,000	1,047	6,612	1,725	—	—
5	6,320	5,11	4,712	3,81	8,089	6,54	0,05	1,31
9	5,535	4,55	4,379	3,60	7,177	5,90	0,03	0,5
7	5,758	4,65	3,818	3,15	6,243	5,15	0,27	2,41
3	6,023	5,74	3,924	3,74	6,107	5,82	0,14	0,84
Durchschnitt	5,909	5,012	4,208	3,575	6,909	5,852	—	—
8	6,846	5,32	4,247	3,30	7,464	5,80	0,24	1,71
6	6,240	6,15	4,058	4,00	6,452	6,36	0,18	0,93
2	4,595	4,57	3,358	3,34	5,901	5,87	0,72	0,79
4	7,775	5,96	3,730	3,85	6,308	6,51	0,38	1,71
1	4,581	5,20	3,744	4,25	6,343	7,20	0,22	0,63
Durchschnitt	5,607	5,440	3,827	3,748	6,493	6,290	—	—

„Tempo“ der Zunahme, wie KLATT (15) es ausdrückt, kann man also eine ungefähre Vorstellung davon erhalten, wie ein bestimmtes Organ sich bei einer Wildente von einem dem der Hausente entsprechenden Gesamtgewicht verhalten muß. Die Anwendung dieses Prinzips wird besonders klar bei Besprechung vom Herz- und Augengewicht ersichtlich werden.

Was die Brustmuskeln anlangt, so ist es allerdings auch ohne weitere Hilfsrechnung klar, daß nicht die Größe, sondern eben in der Domestikation gelegene andere Faktoren die betreffende Differenz erzeugt haben. Wie Tabelle 1 zeigt, sind sowohl Musculus pectoralis major wie minor bei der zahmen Form stets schwächer entwickelt. Das zeigt sich besonders, wenn man annähernd gleichschwere Tiere vergleicht (z. B. Wildente Männchen 1 mit Hausente Männchen 9 oder Wildente Männchen 4 mit Hausente Männchen 1 oder Zwergente mit Wildente Weibchen 5, 7, 9). Beide Muskeln sind dann bei

gewichte).

Pectoralis minor				Pectoralis major				Art	Geschlecht
sinister		dexter		sinister		dexter		Gewicht	
‰	absol.	‰	absol.	‰	absol.	‰	absol.		
								Krickente	O ₁ O ₂ + O ₃ + O ₄
16,082	3,58	15,543	3,46	98,742	21,98	98,382	21,90	222,6	
16,768	4,10	16,996	4,06	94,478	23,10	107,362	26,25	244,5	
16,856	4,29	16,581	4,22	101,847	25,92	100,197	25,50	254	
14,976	4,80	15,226	4,88	95,851	30,72	94,914	30,42	320,5	
16,170	4,192	16,086	4,155	97,729	25,430	100,213	26,017	260,502	O ₁ O ₂ + O ₃ + O ₄
								Stockente	
14,991	12,12	14,922	12,07	103,042	83,31	101,422	82,00	808,5	
14,598	12,00	14,562	11,97	93,041	76,48	92,433	75,98	822	
15,321	12,64	15,769	12,91	97,564	80,49	100,436	82,90	825	O ₁ O ₂ + O ₃ + O ₄
13,033	12,42	12,990	12,28	91,731	87,42	92,612	88,26	953	
14,486	12,295	14,561	12,307	96,344	81,925	96,725	82,285	852,125	O ₁ O ₂ O ₃ O ₄
16,152	12,55	15,843	12,31	97,753	76,11	95,753	74,40	777	
15,941	15,71	15,757	15,53	97,848	96,48	98,843	97,41	935,5	
12,488	13,00	12,348	12,28	94,198	3,68	93,404	92,89	994,5	
14,457	14,92	14,825	15,30	100,232	103,44	101,889	105,15	1032	
13,612	15,45	13,418	15,23	99,991	113,49	100,546	114,12	1135	
14,530	14,326	14,438	14,130	98,004	96,650	98,087	96,794	984,5	

der Wildente um die Hälfte schwerer bis noch einmal so schwer wie bei der Hausente. Nimmt man Durchschnittswerte aller Tiere, so erhält man auch dann noch meistens für den Pectoralis major absolut niedrigere Werte bei der Hausente als bei der Wildente, beim minor sind sie absolut eine Wenigkeit höher:

♂	Gesamtgew.	Pector. maj.	Pector. minor
dom.	1686	93,6 u. 96	16 u. 16,5
fer.	985	96 u. 96	14,1 u. 14,3
♀			
dom.	1666	72 u. 78	12,9 u. 13,4
fer.	852	82 u. 81	12 u. 12.

Am deutlichsten tritt der gewaltige Unterschied in der Masse der Muskeln bei beiden Tieren hervor, wenn man sie in ein Verhältnis zum Gesamtkörpergewicht bringt. Man findet dann nämlich, daß die beiden großen Brustmuskeln der Stockente etwa $\frac{1}{5}$, die der Hausente nur $\frac{1}{9}$ des ganzen Körpergewichts ausmachen.

(Fortsetzung der Tabelle 1.)

Geschlecht	Art	Pectoralis major				Pectoralis minor			
		dexter		sinister		dexter		sinister	
		absol.	% ₀₀	absol.	% ₀₀	absol.	% ₀₀	absol.	% ₀₀
♀	Zwerg- ente 755	50,00	66,225	51,50	68,211	7,30	9,669	8,10	10,728
♀+♂	Hausente								
	1414	52,80	37,341	52,62	37,214	8,82	6,237	9,20	6,506
	1424,9	83,60	59,373	85,25	59,884	13,75	9,649	13,92	9,768
	1569	75,20	47,929	75,92	48,387	11,46	7,304	11,89	7,578
	1606	86,25	53,704	86,50	53,860	13,60	8,468	14,40	8,966
	1777	81,00	45,582	82,30	46,314	15,39	8,660	15,26	8,587
	1930,9	79,52	41,183	82,00	42,984	13,69	7,090	14,52	7,519
	1945	82,20	42,257	81,73	42,005	14,12	7,259	14,90	7,661
♂	1666,685	72,938	46,767	78,045	47,378	12,976	7,809	13,441	8,083
♂+♀	1059	52,65	49,714	53,82	49,853	9,68	9,140	11,30	10,669
	1163	68,38	58,796	67,84	58,331	11,80	10,146	12,28	10,558
	1547	67,40	43,567	69,60	44,989	12,65	8,177	13,05	8,435
	1710	96,96	56,685	98,91	57,824	16,65	9,733	14,61	9,710
	2211	140,44	63,389	145,65	65,741	22,69	10,241	21,49	8,797
	2426	135,75	55,956	135,19	55,725	22,85	9,419	24,27	10,004
	1686,083	93,655	51,684	96,168	55,492	16,053	9,475	16,500	9,695

Anders liegen die Verhältnisse bei der Beinmuskulatur. Hier ergeben die Durchschnittszahlen keineswegs eine Abnahme bei den domestizierten Tieren; absolut genommen sind alle drei untersuchten Muskelgruppen bei der Hausente im Gegenteil beträchtlich schwerer. Berechnet man die Durchschnittswerte der relativen Zahlen, so ist auch dann noch wenigstens bezüglich des Gastrocnemius sowohl beim Männchen als beim Weibchen eine wesentlich höhere Zahl auf seiten der domestizierten Formen.

Hausente		Wildente
Männchen	7,58 g	6,5 g
Weibchen	7,8 g	6,9 g.

Die Zehenstrecker zeigen in ihren relativen Werten keine Konstanz. Beim Weibchen sind sie in der Domestikation relativ etwas leichter (3,9:4,2 beim Männchen), beim Männchen in der Wildform (3,8:4,3 beim Weibchen). Die Zehenbeuger sind bei der Wildform relativ

Unterschied zwischen rechts und links		Gastrocnemius		Zehenstrecker		Zehenbeuger		No.
Pect. maj.	Pect. min.	abs.	‰	abs.	‰	abs.	‰	
1,50	1,80	4,93	6,529	2,80	3,576	3,51	4,649	
0,18	0,38	12,38	8,755	6,52	4,045	7,72	5,459	12
1,65	0,17	9,77	6,856	5,00	3,509	6,72	4,997	4
0,72	0,43	13,29	8,470	4,15	4,557	10,20	6,501	11
0,25	0,80	12,30	7,658	4,30	2,677	7,75	4,825	2
1,3	0,07	14,65	8,242	8,09	4,552	8,02	4,513	14
2,48	0,83	15,27	7,908	8,22	4,256	10,57	5,525	3
0,47	0,78	13,35	6,864	7,06	3,609	9,00	4,627	13
—	—	13,001	7,850	6,620	3,886	8,568	5,206	Durchschnitt
1,17	1,62	6,60	6,232	3,87	3,663	6,55	6,185	1
0,54	0,48	9,45	8,125	5,55	4,772	6,59	5,666	9
2,20	0,40	11,45	7,401	6,07	3,923	8,25	5,333	10
1,95	0,04	13,02	7,085	7,52	4,355	7,61	4,441	5
5,21	1,20	17,97	8,111	9,29	4,193	13,02	5,876	6
0,56	1,42	18,83	7,761	10,65	4,389	12,14	5,004	7
—	—	12,885	7,453	7,158	4,216	9,027	5,418	Durchschnitt

etwas stärker, beim Weibchen beträchtlicher (5,9:5,2), beim Männchen wenig (5,6:5,48). Diese Variabilität bei beiden letztgenannten Muskelgruppen ist wohl mehr der geringen Zahl der verarbeiteten Tiere als besonderen biologischen Ursachen zuzuschreiben. Hinsichtlich des Gastrocnemius jedoch deutet die in beiden Geschlechtern vorhandene Konstanz des Unterschiedes im Verein mit seiner Größe an, daß es sich wohl um nicht in der Kleinheit des Materials begründete Unterschiede handelt.

Dieses ganz verschiedenartige Verhalten der Muskulatur, von denen die Brustmuskeln in der Domestikation abnehmen, gewisse Beinmuskeln dagegen zunehmen, andere wieder anscheinend dieselben bleiben, ist dennoch harmonisch zu erklären aus der Verschiedenheit der Lebensweise beider Formen. Was die Flugmuskeln betrifft, so ist ja bekannt, daß die Wildente ihrer im ausgedehntesten Maße bedarf. Kein Muskel des Bewegungsapparates ist für sie so wichtig wie der Musculus pectoralis major. Wenn sie auch nicht eine so

Tabelle 2 (Kno

No.	Ganzes Skelet				Schädel				Gesamtkoeffizient	Schultergürtel			
	trocken ‰	frisch ‰ zum Körper- gewicht	trocken	frisch	In % des Skelets	In ‰ des Körpergew.	trocken	frisch		Koeffizient	In % des Skelets	In ‰ des Körpergew.	trocken
5	59,876	82,685	48,41	66,81	8,786	7,264	4,26	5,87	1,38	1,23	16,076	13,292	8,71
3	54,008	71,290	51,47	67,94	8,700	6,201	4,48	5,91	1,32	1,23	16,249	11,584	9,00
2	54,902	71,962	54,60	71,53	9,338	6,720	5,10	6,68	1,31	1,23	16,944	12,183	9,80
4	60,910	77,354	62,86	79,83	9,507	7,354	5,98	7,59	1,27	1,17	16,723	12,937	11,35
1	42,731	56,838	48,50	64,51	10,107	5,744	4,90	6,52	1,33	1,27	21,237	12,070	10,76
Durchschn.	54,485	72,026	53,17	70,12	9,287	6,656	4,94	6,51	1,32	1,23	17,445	12,413	9,92

geschickte Fliegerin ist wie viele andere Vögel, so bedient sie sich ihrer Flügel doch ausschließlich, um größere Strecken zurückzulegen. Man weiß, daß die Wildenten im Herbst in Scharen aus dem Norden nach Deutschland kommen, um in dem wärmeren Klima zu überwintern. Viele Meilen müssen die Tiere fliegen auf der Suche nach Nahrung. Wie mußte da die Domestikation verändernd auf die Brustmuskulatur einwirken! Die wild eingefangenen Tiere wurden durch geeignete Maßregeln wohl meist am Fliegen verhindert (vgl. COLUMELLA), und auch den Nachkommen wurde der dauernde Gebrauch der Flügel zur Unmöglichkeit gemacht. Generationen hindurch wurden die Enten nun unter diesen Verhältnissen gehalten. Gute Ernährung führte zwar zu einer erheblichen Vergrößerung des ganzen Körpers, aber was speziell die Flugmuskeln anlangt, so mußte die Untätigkeit der Flügel darauf hinwirken, daß sie in viel geringerem Grade zunehmen als das Gewicht des ganzen Körpers. Anders die Beinmuskeln. Die Wildente ist in der Lage, zu jeder Zeit auf das Wasser gelangen zu können und bringt auch wohl den größten Teil ihres Lebens schwimmend auf Seen und Teichen zu. Der Hausente dagegen ist meist nur wenig Gelegenheit geboten, ihrem Instinkt als Wasservogel zu folgen; im allgemeinen wird sie gezwungen sein, mit einem mehr oder weniger großen umgrenzten Gebiet auf dem Lande vorlieb zu nehmen, das sie während ihres ganzen Lebens kaum verlassen kann. Und daraus erklärt sich dann auch ihre relativ stärkere Beinmuskulatur. Besonders der Wadenmuskel, der für das Abtreten, d. h. das Heben der Körpermasse bei jedem Schritt, von besonderer Wichtigkeit ist, wird durch das vor-

wichte).

Koefizient	Arm links					Oberschenkel links					Oberschenkel rechts					Stockente	
	In % des Skelets	In ‰ des Körpergew.	trocken	frisch	Koefizient	In % des Skelets	In ‰ des Körpergew.	trocken	frisch	Koefizient	In % des Skelets	In ‰ des Körpergew.	trocken	frisch	Koefizient	Gewicht	Geschlecht
.41	15,776	13,044	7,45	10,59	1,46	2,619	2,165	1,19	1,75	1,43	2,604	2,153	1,21	1,74		808	
.22	16,440	11,720	9,11	11,17	1,42	2,678	1,909	1,28	1,82	1,42	2,678	1,909	1,29	1,82		953	
.26	15,825	11,388	9,00	11,32	1,36	2,628	1,891	1,38	1,88	1,37	2,600	1,871	1,35	1,86		994	O ₃ O ₃ O ₃ O
.24	16,109	12,461	10,31	12,86	1,34	2,568	1,986	1,53	2,05	1,34	2,568	1,986	1,53	2,05		1032	O ₃ O ₃ O ₃ O
.26	18,524	10,528	9,47	11,95	1,38	2,805	1,594	1,31	1,81	1,38	2,805	1,594	1,31	1,81		1135	
.28	16,535	11,836	9,07	11,57	1,39	2,659	1,909	1,34	1,85	1,39	2,651	1,902	1,34	1,85			

wiegende Landleben gestärkt, während er bei der wasserbewohnenden Wildente weniger beansprucht wird. Denn die Hauptarbeit beim Schwimmen, das ja auch weniger Anstrengung kostet als das Laufen, dürfte den Glutäen zufallen.

Es haben also je nach der Lebensweise der Tiere die Muskeln entsprechend ihrer Tätigkeit entweder eine Zunahme oder Abnahme ihres Gewichts erfahren. In enger Beziehung zur Muskulatur steht nun das Skelettsystem, und es ist daher von Interesse, das Verhältnis derselben bei beiden Formen näher zu untersuchen. Was das Gewicht des ganzen Skelets anlangt, so stand direkt nur das maceriert trockene Knochengerüst für den Vergleich zur Verfügung. Hierbei stellt sich heraus, daß das Trockengewicht des Skelets bezogen auf 1000 g des Körpergewichts bei Haus- und Stockente nur wenig differiert. Das Skelettgewicht bei der Hausente beträgt im Durchschnitt 56,44 g, bei der Wildente 54,49 g. Ein deutlicher Unterschied ist also nicht zu erkennen. Anders würde es sich vielleicht verhalten, wenn man das Frischgewicht des Skelets mit dem Körpergewicht vergleichen kann. Vor allem würde man dann Zahlen zur Verfügung haben, die über die Verhältnisse im lebenden Organismus orientieren, denn das Gewicht des Knochens wird ja durch die Maceration und die folgende Trocknung stark verändert. Um das Frischgewicht des ganzen Skelets direkt festzustellen, wäre es nötig, alle die einzelnen Wirbel und Knochenteilchen sauber abzukratzen und zwar möglichst schnell, um es der Gefahr der Austrocknung zu entziehen. Das wäre eine recht schwierige Arbeit gewesen. Nun ist es aber auf andere Weise möglich, durch Berechnung, einen un-

(Fortsetzung der Tabelle 2.)

Geschlecht	Hausente		Oberschenkel rechts					Oberschenkel links					Arm links			
	Gewicht		frisch	trocken	In ‰ des Körpergew.	In ‰ des Skelets	Koeffizient	frisch	trocken	In ‰ des Körpergew.	In ‰ des Skelets	Koeffizient	frisch	trocken	In ‰ des Körpergew.	In ‰ des Skelets
1000	1424	1606	4,29	3,05	3,012	3,112	1,41	4,29	3,04	3,012	3,112	1,41	20,10	11,65	14,115	14,726
1000	1710,5	1930	4,55	3,10	2,833	3,381	1,47	4,60	3,11	2,864	3,420	1,48	17,30	12,29	10,604	12,857
1000	1710,5	1930	4,22	3,03	2,468	3,353	1,39	4,10	2,93	2,398	3,257	1,39	17,03	11,13	9,958	13,529
1000	1710,5	1930	5,27	2,99	2,730	3,059	1,76	5,21	3,00	2,699	3,024	1,74	19,89	11,87	10,310	11,546
			4,58	3,04	2,761	3,201	1,51	4,55	3,02	2,743	3,203	1,51	18,58	11,76	11,247	13,139

gefährten Wert für das Frischgewicht zu erhalten.¹⁾ Bei der Verarbeitung der Tiere wurden nach sorgfältigem Entfernen sämtlicher Muskeln und Sehnen gewisse Skeletteile, nämlich beide Oberschenkel, der linke Arm, der linke Oberarm, Schultergürtel, einschließlich Brustbein in ganz frischem Zustande gewogen. Diese wurden dann ebenfalls maceriert und in gleicher Weise getrocknet und gewogen wie das übrige Skelet. Es wurden dann aus den Gewichten für den frischen und trockenen Knochen die Zahlen berechnet, die den Gewichtsverlust infolge Maceration und Trocknung angeben. Aus diesen Zahlen kann man dann einen Durchschnittskoeffizienten (das Mittel sämtlicher Einzelkoeffizienten) berechnen. Mit ihm wird das Trockengewicht des ganzen Skelets multipliziert, und man erhält so einen annähernd brauchbaren Wert für das Frischgewicht des Skelets. Der Vergleich der auf 1000 g Körpergewicht bezogenen Frischgewichte zeigt nun eine deutliche Zunahme des Gewichts bei der Hausente. Während nämlich die Stockente im Durchschnitt ein Frischgewicht des Skelets von 72,026 ‰ zeigt, findet man bei der zahmen Ente im Mittel ein Gewicht von 85,963 ‰. Was diese Zunahme bei der zahmen Form anlangt, so ist schon in der Einleitung darauf hingewiesen, daß Muskulatur und Skelet bei Vergrößerung des Körpers in relativ stärkerem Maße zunehmen müssen, um den auch relativ größeren mechanischen Ansprüchen des größeren Tieres zu entsprechen. Und man könnte annehmen, daß hierin der Grund für die Zunahme des Skeletgewichts bei der größeren Hausente zu suchen ist. Doch auch ein anderer Grund könnte für die Vergröße-

1) Vgl. darüber KLATT (16).

Schnltergürtel				Gesamtkoeffizient	Schädel				Ganzes Skelet				No.
trocken	In ‰ des Körpergew.	In ‰ des Skelets	Koeffizient		frisch	trocken	In ‰ des Körpergew.	In ‰ des Skelets	frisch	trocken	frisch ‰ zum Körpergewicht	trocken ‰	
15,15	18,076	18,671	1,69	1,56	12,04	7,72	8,455	8,733	137,86	88,37	96,811	62,017	4
15,22	14,632	17,465	1,54	1,48	11,48	7,49	7,148	8,532	134,55	90,91	83,779	56,606	2
15,31	11,275	15,314	1,26	1,39	12,34	8,88	7,216	9,804	125,87	97,75	73,603	55,393	5
16,04	12,062	13,514	1,45	1,66	14,91	8,98	7,725	8,655	172,26	103,77	89,254	53,741	3
15,43	14,011	16,241	1,48	1,52	12,63	8,27	7,636	8,931	142,64	95,20	85,963	56,939	Durchschn.

rung in Betracht kommen, der von DARWIN schon ausgesprochen ist. Jener Forscher meint nämlich, „dass bei wilden Tieren, welche ein freies Leben führen und gelegentlich der heftigsten Konkurrenz ausgesetzt sind, die Reduktion an Skeletteilen grösser zu werden streben wird, da es für sie ein Vorteil sein würde, wenn die Entwicklung eines jeden überflüssigen Teils erspart werden könne. Bei gut genährten domestizierten Tieren herrscht andererseits keine Oekonomie im Wachstum, auch keine Tendenz, überflüssige Teile des Baues zu eliminieren.“ Wenn man nun weiter noch bedenkt, daß ein guter Flieger wie die Wildente, um am Fliegen nicht behindert zu sein, ganz besonders wenig Ballast an sich haben darf, der Organismus der domestizierten Ente aber von solcher Rücksicht hierauf unabhängig ist, so kann man auch leicht verstehen, daß das Skelet der Hausente relativ schwerer ist als das der Wildente.

Nicht alle Skeletteile aber sind bei der Hausente relativ schwerer geworden. Bereits DARWIN hat festgestellt, daß Arm- und Beinskelet sich da ganz verschieden verhalten. Allerdings hat er nur die trockenen Knochen einer Prüfung unterzogen, was, wie oben gezeigt, zu nicht ganz einwandfreien Resultaten führen kann. Aus diesem Grunde hielt ich es für angebracht, dieselben Knochen, die schon DARWIN verglichen hat, Arm, Oberschenkel, Oberarm und noch einige andere, Schultergürtel inkl. Brustbein einer abermaligen Vergleichung mit Zugrundelegung der hier direkt festgestellten Frischgewichte zu vergleichen.

Die Ergebnisse meiner Wägungen stimmen mit denen DARWIN's in der Hauptsache überein. Was zunächst die Vorderextremität betrifft, so ist hier bei der Hausente im Gewicht entschieden eine

No.	Stockente Gewicht	Geschlecht	Schnabellänge	Kopfbreite	Sternum			Coracoid	Scapula	Furcula	Metacarpus	Ulna	Radius	Oberarm	Metatarsus	Unterschenkel	Oberschenkel
					3.	2.	1.										
5	808	O ₃ C ₃ O ₃ + O + O	5,6	2,8	4,0	9,6	2,4	4,8	7,3	2,8	5,4	7,5	7,1	9,1	4,3	7,8	4,8
3	953		5,7	2,8	4,4	10,1	2,5	4,9	7,8	2,7	6,0	7,9	7,4	9,2	4,5	8,0	4,9
2	994,5		5,0	2,8	4,0	10,7	2,8	4,9	7,3	2,6	5,6	7,8	7,1	9,1	4,3	8,2	4,9
4	1032		5,6	3,0	4,6	11,2	2,7	5,5	8,0	2,8	6,1	8,1	7,6	9,7	4,8	9,2	5,3
1	1136		4,9	2,7	5,0	10,9	2,5	5,2	8,0	2,8	6,0	8,1	7,5	9,5	4,5	8,5	5,1
Durchschnitt	—	—	5,36	2,8	4,4	10,56	2,58	5,04	7,68	2,74	5,82	7,88	7,34	9,32	4,48	8,34	5,0
% der Körperlänge	—	—	10,96	5,72	8,99	21,59	5,28	—	—	—	—	—	—	19,06	—	17,06	10,22

deutliche Abnahme zu verzeichnen. So beträgt bei der zahmen Ente das Gewicht des ganzen Armskelets im Durchschnitt 18,58 g, bei der Stockente 11,57 g, d. h. auf 1000 g Körpergewicht berechnet 11,247 % bei der Hausente und 11,836 % bei der Wildente. Noch klarer tritt dieser Unterschied hervor, wenn man das Gewicht des Knochens in Beziehung zum ganzen Skelet bringt. Im Verhältnis zum Skelet ist der Arm der Wildente fast um $\frac{1}{4}$ schwerer als der der Hausente, nämlich 16,535 % beim wilden, 13,139 % beim zahmen Tier. Es macht also bei dem Wildtier der Arm etwa $\frac{1}{6}$, bei dem domestizierten dagegen nur etwa $\frac{1}{8}$ des Skeletgewichts aus.

Ähnlich stellt sich das Gewicht des Schultergürtels. Absolut ist er zwar bei der zahmen Ente schwerer, 22,70 g gegen 12,17 g bei der Wildente. Und auch auf 1000 g Körpergewicht ist die Hausente noch überlegen (14,011 gegen 12,413 % bei der Wildente). Aber prozentual zum Skelet überwiegt der Schultergürtel der Wildente mit 17,445 % gegen 16,241 % bei der zahmen Ente.

Fragt man nach dem Grund dieser Abnahme der Vorderextremität und des Schultergürtels bei der domestizierten Ente, so muß man die Muskeltätigkeit als bestimmenden Faktor für die Entwicklung der Knochen angeben. Es ist oben bereits auf das starke Überwiegen der Brustmuskulatur bei der Wildente hingewiesen worden. Die erhebliche Tätigkeit dieser dem Fliegen dienenden Muskeln stellt ganz besondere Ansprüche an die sie stützenden Skeletteile. Bei

enmaße).

Oberschenkel	Unterschenkel	Metatarsus	Oberarm	Radius	Ulna	Metacarpus	Furcula	Scapula	Coracoid	Sternum			Kopfbreite	Schnabellänge	Geschlecht	Hausente Gewicht	No.
										1	2	3					
5,5	9,5	5,0	9,5	7,4	8,0	6,0	4,0	7,6	5,4	2,3	10,2	5,1	2,8	5,6	+O ₂	1059	1
5,7	9,4	4,9	9,8	7,5	8,1	5,8	4,2	7,4	5,4	2,2	9,9	4,4	3,1	6,3	+O ₂	1424	4
5,9	10,2	5,3	10,5	8,2	8,9	6,3	4,5	8,8	5,9	2,3	11,1	5,2	3,0	6,0	+O ₂	1606	2
6,0	10,2	5,2	10,3	8,1	8,8	6,4	4,6	8,6	5,9	2,7	11,3	4,6	3,0	5,9	+O ₂	1710,5	5
6,7	10,9	5,8	11,1	8,8	9,3	6,7	4,6	9,1	6,4	2,4	11,6	5,4	2,8	5,1	+O ₂	1980	3
5,96	10,04	5,24	10,24	8,00	8,62	6,24	4,38	8,30	5,80	2,38	10,82	4,94	2,94	5,78	—	—	Durchschnitt
10,68	17,99	—	18,35	—	—	—	—	—	—	4,26	19,59	8,85	5,26	10,36	—	—	% der Körperlänge

der Hausente, die ja das Flugvermögen gänzlich verloren hat, ist eine so widerstandsfähige Grundlage für die Flugmuskeln, die ja auch ganz und gar ihre Bedeutung als solche verloren haben, bei weitem nicht mehr so nötig wie bei der Wildente. Daher sieht man, daß die Knochen, die mit der Flugtätigkeit direkt in Verbindung stehen, bei der Hausente in der Entwicklung entsprechend der der Muskulatur zurückgeblieben sind.

Anders verhält es sich mit den Knochen der Hinterextremität, bei der ja umgekehrt eine Zunahme der Muskulatur bei der Hausente beobachtet wurde. Wie schon DARWIN feststellte, sind sie denn auch dementsprechend schwerer als bei der Wildente. Für die absoluten Zahlen ist das ja klar, da es sich um die größere Form handelt. Es wiegt der Oberschenkel der Hausente frisch 4,58 g gegen 1,85 g bei der Wildente. Aber auch wenn man das Einzelgewicht auf das Gesamtskeletgewicht bezieht, ist ein gewaltiger Unterschied vorhanden. Es ist da nämlich der Oberschenkel der domestizierten Ente etwa um $\frac{1}{3}$ schwerer als der des wilden Tieres (3,201 % bei der Hausente gegen 2,651 % bei der Wildente).

Entsprechend verhalten sich die Längenmaße der Knochen. Auch hier hat DARWIN schon über Arm- und Beinknochen verschiedene Angaben gemacht, mit denen sich die meinigen vollkommen decken. Die Knochen der Hausente sind in allen Fällen absolut länger als die entsprechenden der Wildente. Das ist nicht weiter verwunderlich,

denn schon die Gesamtkörperlänge¹⁾ des schwereren domestizierten Tieres (im Mittel 55,8 cm) ist ja erheblicher als die der Wildente (im Mittel 48,9 cm). Vergleicht man jedoch die auf diese Gesamtkörperlänge bezogenen Einzellängenmaße der Wildente und Hausente miteinander, so ergibt sich ein ganz anderes Bild. Sie verhalten sich nämlich dann ganz so wie die ihnen entsprechenden auf 1000 g Körpergewicht bezogenen Einzelgewichte. Mit anderen Worten: die relative Länge der Knochen richtet sich ganz nach ihrer relativen Schwere. Betrachtet man zunächst den Oberschenkel, so war ja schon gewichtsmäßig eine deutliche Überlegenheit bei der Hausente festzustellen. Dasselbe gilt auch für das Längenmaß. Der Unterschied ist zwar nur gering, die Länge beträgt nämlich 10,68 bei der Hausente und 10,22 bei der Wildente in Prozenten der Körperlänge, aber wenn man in Rechnung zieht, daß ebenfalls eine Differenz zwischen den Unterschenkeln beider Tiere besteht (17,99 % bei der Hausente und 17,06 % bei der Wildente), so ergibt sich daraus, daß die ganze Hinterextremität in der Domestikation an Länge zugenommen hat. Der Grund für diese Verlängerung ist derselbe wie der für die Gewichtszunahme: die stärkere und häufigere Inanspruchnahme der Beine bei der Hausente.

In bezug auf die Vordergliedmaßen liegen die Verhältnisse denn auch gerade umgekehrt. Infolge der Lebensbedingungen, unter denen die domestizierte Ente lebt, sind bei ihr die Armknochen nicht bloß an Gewicht, sondern auch an Länge reduziert (18,35 % bei der Hausente gegen 19,06 % bei der Wildente).

Fast ganz außer Acht gelassen hat DARWIN bei seinen vergleichenden Betrachtungen die Verschiedenheiten des Brustbeins bei der Hausente und der Wildente. Diese sind keineswegs so unbedeutend und variabel, daß sie, wie er meint, kaum der Erwähnung wert seien. Im Gegenteil, von allen Knochen habe ich an diesem die meisten und bedeutendsten Veränderungen wahrnehmen können. Was RÜTIMEYER in seiner „Fauna der Pfahlbauten“ im allgemeinen von den Knochen der wilden Tiere im Gegensatz zu denen der zahmen sagt, das trifft auch bei den wilden Enten zu. Auch beim Sternum der Stockente findet sich im Vergleich zu dem der Hausente „eine reichlichere und schärfere Zeichnung der Gefäßsrinnen, grössere Rauhigkeit und Schärfe aller Muskelinsertionen. Alle

1) Gesamtkörperlänge gemessen am ausgestreckten gerupften Tier von der Schnabelspitze bis zum Pygostyl.

Kanten und Vorsprünge sind weit besser ausgeprägt, alle indifferenten Flächen sind nach Möglichkeit zurückgetreten.“ Am meisten dürften die Größenverhältnisse des Sternums interessieren, das ja die Anheftungsstelle der Musculi pectorales ist und demgemäß bei der Wildente eine bedeutendere Ausbildung als bei der Hausente erfahren haben muß. Die Messungen am Brustbein¹⁾ bestätigen dies auch in vollem Umfange. Schon absolut genommen hat die Wildente, obwohl sie kleiner ist, die höhere Crista sterni, nämlich 2,38 bei der Hausente gegen 2,58 bei der Wildente. Auch in der Länge und Breite steht das Sternum absolut dem der Hausente nur wenig nach:

	Hausente	Wildente
Länge	10,82	10,56
Breite	4,94	4,40

Auf die Gesamtkörperlänge bezogen stellen sich die Unterschiede weit krasser: denn es sind die Maße bei der Wildente in allen drei Fällen denen bei der Hausente überlegen. Am meisten tritt auch hier natürlich der Höhenunterschied hervor mit 4,26% bei der Hausente gegen 5,28% der Wildform, aber auch der Längenunterschied ist nicht unerheblich, nämlich 19,59% bei der Hausente gegen 21,59% bei der Wildente. Die geringste Differenz zeigt sich bei den Breitenmessungen 8,85% beim zahmen Tier zu 8,99% beim wilden. — Wenn man die Größe der Unterschiede der Brustmuskeln in Betracht zieht, so ist dieses Resultat der Messungen nicht weiter erstaunlich. — Das Brustbein erscheint übrigens bei der Wildente auch in jeder Hinsicht viel gewölbter als beim domestizierten Tier, wo es viel flacher ausgebildet ist.

Was bei der Präparation des Brustbeins noch besonders auffällt, ist die in fast allen Fällen auftretende Verkrümmung des Brustbeinkammes bei der Hausente, eine Erscheinung, die bei der Wildente nicht ein einziges Mal beobachtet werden konnte. FÜRBRINGER'S Ansicht, der diese Verhältnisse im allgemeinen erörtert, geht nun dahin, daß die mediane Lage der Crista durch die gleichmäßige Wirkung der Brustmuskulatur der rechten und linken Seite erhalten bleibt. Die Asymmetrien und Verbiegungen des Brustbeinkammes des domestizierten Tieres seien in den meisten Fällen neben einer

1) Messungen am Brustbein: 1. Höhe des Kammes, 2. Länge des Kammes, 3. größte Breite zwischen den Proc. lat. anter.

Oberschenkel.

No.	% des organisch. Restes auf frisch	% der Asche auf frisch	% des Totalverlustes auf frisch	Differenz von 1 u. 5	5. Summe von 3 u. 4	4. Organisch. Rest von rechts	3. Aschenrest von links	2. Trocken		1. Frisch		Stockente Gew.
								l.	r.	l.	r.	
5	19,54	24,06	56,38	0,9839	0,7611	0,340	0,4211	1,1668	1,21	1,75	1,74	808
3	21,98	26,64	51,38	0,9352	0,8848	0,400	0,4848	1,2818	1,29	1,82	1,82	953
2	21,51	27,03	51,43	0,9618	0,9082	0,400	0,5082	1,3900	1,35	1,88	1,86	994
Durchschnitt	21,01	25,91	53,06	0,9603	0,8514	0,380	0,4710	1,2795	1,283	1,82	1,81	

Oberarm.

5	—	—	—	—	—	—	1,9440	3,2363	3,26	4,56	4,60	808
3	15,42	53,63	30,98	1,2486	2,7814	0,62	2,1614	3,3014	3,29	4,03	4,02	953
2	13,48	28,95	57,53	2,4396	1,8004	0,57	1,2304	3,3744	3,25	4,25	4,23	994
Durchschnitt	14,45	36,29	44,25	1,8441	2,2909	0,59	1,7786	3,3040	3,30	4,14	4,12	—

pathologischen Beschaffenheit vor allem einer ungleichmäßigen Einwirkung der beiderseitigen Muskeln zuzuschreiben. Man könnte nun vermuten, daß diese theoretisch geforderte Ungleichmäßigkeit der Muskelarbeit sich kundgäbe in einem Unterschied der Massenentwicklung der beiderseitigen Brustmuskeln. Aber durch die von mir angestellten Wägungen der Muskulatur erfährt eine solche Anschauung keine Unterstützung. Denn die zwischen den Brustmuskeln beider Seiten bestehenden Differenzen sind bei der domestizierten Form ebenso gering oder nur unwesentlich höher als bei der Wildente. Beim Pectoralis maior finden wir als Grenzen der Variationsbreite dieses Gewichtsunterschiedes (Tab. 1): 0,50 g und 2,41 g bei der Wildform, 0,18 g und 2,48 g bei der Hausente, wenn wir von dem sehr großen Exemplar No. 6 mit 5,21 absehen, bei welchem auch das absolute Gewicht des Pectoralis maior viel höher ist als bei den übrigen, weswegen es billig nicht mit der viel kleineren Wildente zu vergleichen ist. Etwas beträchtlicher sind die Unterschiede beim Pectoralis minor. 0,03 g und 0,72 g sind da die äußersten Werte des Gewichtsunterschiedes bei der Wildente, denen bei der Hausente 0,04 g und

chenzusammensetzung).

Oberschenkel.

Haus- ente	1. Frisch		2. Trocken		3. Aschen- rest von links	4. Organisch. Rest von rechts	5. Summe von 3 u. 4.	Differenz von 1 u. 5	% des Total- verlustes auf frisch	% der Asche auf frisch	% des organisch. Restes auf frisch	No.
	r.	l.	r.	l.								
1930,9	5,27	5,17	2,99	3,008	1,7641	0,551	2,3151	2,9049	55,65	34,12	14,25	3
2211	5,23	5,12	3,45	3,55	1,4480	1,150	2,5980	2,5720	49,75	28,28	21,98	6
2426	6,41	6,31	4,35	4,37	2,1355	1,370	3,5055	2,8545	44,88	33,84	21,37	7
—	5,64	5,53	3,596	3,643	1,7825	1,024	2,8062	2,771	50,09	32,08	19,20	Durch- schnitt

Oberarm.

1930,9	8,5003	8,48	5,09	5,0851	3,0038	1,140	4,1438	4,3462	51,19	35,42	13,41	3
2211	9,2746	9,3012	5,87	5,9520	3,7120	1,240	4,9520	4,3320	46,66	39,09	13,37	6
2426	10,46	10,44	6,62	5,6094	4,0460	1,450	4,4960	5,9540	56,97	38,75	10,38	7
—	9,4116	9,4071	5,86	5,8821	3,5873	1,276	4,5306	4,8777	51,61	37,75	12,08	Durch- schnitt

1,8 g als Grenzwerte gegenüberstehen, wobei noch besonders darauf hinzuweisen ist, daß ein so hoher Wert nicht bloß einmal, sondern mehrfach erreicht wird. Um die hochgradigen Verkrümmungen der Crista sterni bei der Hausente zu erklären, reichen indessen selbst diese Unterschiede nicht im entferntesten aus, zumal die stärksten Verkrümmungen sich keineswegs immer bei denjenigen Tieren zeigen, bei denen auch der größte Unterschied im Muskelgewicht besteht. Es zeigt sich in dieser Beziehung keine Gesetzmäßigkeit, und ebenso wenig besteht etwa ein konstantes Überwiegen der Muskulatur auf ein und derselben Körperseite; bei wild und zahm ist es bald die linke, bald die rechte Seite, die schwerer ist.

Um die Zusammensetzung des Knochens bei der Wildente und Hausente festzustellen, wurden die Oberarme sowie die Oberschenkel einer genaueren Analyse unterworfen, und zwar wurde jedesmal der linke im Chemischen Institut der kgl. tierärztlichen Hochschule zu Berlin verascht und das Gewicht der Asche bestimmt. Der ja etwa gleich schwere rechte Knochen wurde nach der von LEE-MAYER (1901) p. 286 angegebenen Methode (70% iger Alkohol mit 3% iger

Tabelle I

No.	Herz		Darmlänge		Magen		Gefeder		Bürzeldrüse		Fett- zustand	Art	Geschlecht
	‰	absolut	im Ver- hältnis z. Körperl.	absolut	‰	absolut	‰	absolut	‰	absolut		Gewicht	
1	10,422	2,32	2,827	82,0	24,348	5,44	117,250	26,1	2,291	0,51	mager	Krickente	♂
2	11,617	2,86	2,821	79,0	28,916	7,07	67,44	16,5	2,577	0,63	"	244,5	♀
3	11,512	2,93	2,733	82,0	27,308	6,95	76,621	19,5	2,397	0,61	"	254,5	♀
4	11,572	3,70	3,033	91,0	15,943	5,10	51,482	16,5	1,809	0,58	fett	320,5	♀
Durchschnitt	11,280	2,902	2,853	83,50	24,128	6,14	78,168	19,652	2,268	0,582	—	260,502	
5	9,589	7,76	2,863	126,0	22,164	19,92	76,685	62,0	1,335	1,08	mittel	Stockente	♀
9	8,856	7,28	3,573	159,0	23,248	19,11	96,107	79,0	1,253	1,03	mager	822	♀
7	10,00	8,25	3,212	154,0	32,012	26,41	87,272	72,0	1,055	0,87	sehr mager	825	♀
3	8,635	8,33	3,078	135,0	20,587	19,62	72,403	69,0	1,468	1,40	fett	953	♀
Durchschnitt	9,272	7,905	3,181	143,625	24,503	21,265	83,114	70,500	1,277	1,095	—	852,125	
8	9,832	7,64	2,713	137,0	23,565	18,31	96,525	75,0	0,900	0,70	s. mager	777	♂
6	9,508	9,37	3,163	155,0	26,759	26,57	85,338	83,0	1,268	1,25	mittel	985,5	♂
2	9,965	9,91	3,168	160,0	30,166	30,00	84,464	84,0	1,447	1,44	fett	994,5	♂
4	10,581	10,92	3,019	157,0	26,841	27,70	85,756	88,5	1,308	1,35	"	1032	♂
1	10,246	11,63	—	—	39,172	44,46	68,282	77,5	2,255	2,56	mager	1135	♂
Durchschnitt	10,026	9,894	2,965	152,25	29,301	29,408	84,073	81,6	1,435	1,45	—	984,5	

Salpetersäure) von seinen anorganischen Bestandteilen befreit, getrocknet und dann gewogen. Die Summe beider Zahlenwerte, abgezogen vom Frischgewicht, das bei symmetrischen Knochen derselben Tiere nur unwesentlich variiert, ergibt den gesamten Gehalt an Wasser des betreffenden Knochens. Die prozentuale Verteilung von Wasser, organischen Substanzen und Asche ist indessen bei den 6 Tieren, die ich in dieser Weise untersuchte, eine recht wechselnde, sowohl bei den Wildenten wie bei den Hausenten, so daß ich

gangewichte).

Art	Fett- zustand	Bürzel- drüse		Gefeder		Magen		Darmlänge		Herz		No.
		absolut	‰	absolut	‰	absolut	‰	absolut	im Ver- hältnis z. Körperl.	absolut	‰	
Gewicht												
wergente												
755	mittel	1,70	2,251	80,0	105,960	26,50	35,165	120,0	2,666	7,25	9,602	
Hausente												
1414	mittel	2,25	1,589	108,0	76,378	43,35	30,657	216,0	3,928	9,77	6,909	12
1424,9	"	1,66	1,165	93,10	65,338	22,59	15,854	204,0	4,163	8,58	6,021	4
1569	"	3,64	2,319	109,0	69,471	55,20	35,182	221	4,093	11,15	7,107	11
1606	"	2,30	1,364	112,0	69,738	37,80	23,412	236	5,793	11,94	7,434	2
1777	"	3,94	2,217	108,0	60,776	45,05	25,332	256	4,654	11,82	6,088	14
1920,09	fett	3,03	1,564	96,90	50,183	41,89	21,194	203	3,222	12,54	6,494	3
1945	mittel	3,66	1,882	109,0	56,041	57,05	29,383	254	5,080	11,35	5,835	13
1666,685	—	2,926	1,729	105,142	66,846	43,275	25,933	227,142	4,419	11,021	6,556	Durch- schnitt
1360	mager	2,50	1,838	92,0	67,622	55,72	40,955	244,0	3,754	6,92	5,086	jung 8
1059	"	2,58	2,530	76,55	72,281	25,70	24,276	173,5	3,470	8,83	8,339	1
1163	"	3,11	2,674	90,5	77,816	32,15	27,643	193,0	3,726	9,08	7,807	9
1547	mittel	2,60	1,680	119,0	76,923	59,75	38,623	277,0	4,541	11,35	7,336	10
1710	fett	3,15	1,841	133,3	77,930	41,41	24,264	174,0	3,327	13,25	7,746	5
2211	mittel	4,55	2,058	141,5	63,868	48,23	21,774	245,0	3,712	14,74	6,653	6
2426	"	3,16	1,302	134,0	55,235	46,31	19,088	306,5	4,442	16,39	6,784	7
1686,083		3,191	2,014	115,808	70,675	42,258	26,111	228,166	3,869	12,273	7,444	Durch- schnitt

keinerlei positive Folgerungen aus diesen Ergebnissen ziehen kann. Man müßte für diese Versuche ein erheblich größeres Material verarbeiten, als es mir möglich war.

Im Gegensatz zu dem negativen Resultat der Knochenanalyse steht ein Befund, der sich auf das Knochenmark bezieht.¹⁾ Es

1) Knochenmark ist nur im Beinskelet vorhanden, die Armknochen sind bei beiden Formen marklos.

findet sich nämlich, daß dieses bei domestizierten Tieren stets gelb aussieht, während es bei den Wildenten rot gefärbt ist. KÜLBS hat ähnliche Unterschiede bei Hunden gefunden, bei denen er die einen täglich sehr viel, die andern möglichst wenig laufen ließ. Erstere hatten ein viel blutreicheres, daher rotes Knochenmark, bei den andern war es gelblich, verfettet. Damit stimmt mein Resultat sehr gut überein, daß es gerade die viel mehr arbeitende Wildente ist, bei der das rote Mark sich fand. Bei der domestizierten Form bewirkt dann die reichlichere Ernährung im Verein mit der geringeren Bewegung, daß das Mark gelb, fetthaltiger ist.

Den Gesamtfettgehalt der Tiere zahlenmäßig festzustellen, ist mit zu großen Schwierigkeiten verknüpft, so daß ich mich mit allgemeinen, durch oberflächliche Betrachtungen gewonnenen Angaben begnügen muß. Einen Hauptanhaltspunkt für die Beurteilung des Fettgehaltes der Tiere bot stets der Grad der Verfettung im Unterhautbindegewebe. Je nach der Mächtigkeit dieser Fettschicht sind die Enten in der Tabelle 5 mit „mager“, „mittelmäßig“ oder „fett“ bezeichnet. Ferner versuchte ich einen zahlenmäßigen Anhaltspunkt für den Fettgehalt der einzelnen Tiere zu gewinnen durch Wägung der Bürzeldrüse. Es geschah dies auf Grund einer Arbeit von KOSSMANN, nach welcher die Bürzel gewissermaßen einen Index für den Fettgehalt des Tieres abgeben soll. KOSSMANN meint nämlich, daß ihre Größe sich nach dem Ernährungszustand des Tieres richte, mit steigendem oder fallendem Fettgehalt größer oder kleiner werde. Auf Grund meiner Wägungen kann ich aber — wenigstens für die Ente — feststellen, daß dies keineswegs zutrifft. Zwar ist der Zahlenwert für das Gewicht der Bürzeldrüse sehr variabel, jedoch nicht in dem Sinne, daß die fettesten Tiere die schwersten, die magersten Tiere die leichtesten Drüsen haben. So hat z. B. das Wildentenmännchen 1, das als mager bezeichnet ist, von allen Wildenten die absolut und relativ größte Bürzeldrüse (2,56 und 2,255). Ähnlich ist es mit dem zahmen Männchen 6, das bei mittelmäßigem Nährzustand eine sehr große Bürzeldrüse hat (4,55). Nur ganz allgemein kann die KOSSMANN'sche Anschauung zutreffen und kann auch ich auf Grund meiner Resultate für dieselbe eintreten, insofern als die domestizierten Tiere im Durchschnitt eine schwerere Bürzeldrüse haben als die Wildenten:

♂	Abs. Gew.	Relat. Gew.
dom.	3,91	2,014
fer.	1,45	1,435

♀	Abs. Gew.	Relat. Gew.
dom.	2,926	1,729
fer.	1,095	1,277

Sicherlich wäre es falsch, als Grund hierfür auf die absolut größere Fülle des Gefieders bei der Hausente hinzuweisen, dessen Einölung ja die Drüse zu besorgen hat. Denn relativ ist da die Wildente der Hausente gegenüber im Vorteil und hat trotzdem die relativ leichtere Bürzeldrüse:

♂	Abs. Gew.	Relat. Gew.
dom.	115,8	70,675
fer.	81,6	84,073

♀	Abs. Gew.	Relat. Gew.
dom.	105,142	66,846
fer.	70,5	83,114

Was übrigens diese Gewichtsabnahme der Federn bei der Hausente anlangt, so kann man verschiedene Ursachen für dieselbe anführen. Das domestizierte Tier bedarf zunächst nicht eines so stark entwickelten Schutzes, weil es vor den Unbilden der Witterung durch Stallungen etc. besser geschützt ist. Vor allem aber muß man bedenken, daß die größere Hausente die relativ kleinere Körperoberfläche hat und deshalb auch nur ein relativ kleineres, schützendes Federkleid zu haben braucht. Es liegt also der KOSSMANN'schen Anschauung wohl etwas Richtiges zugrunde: die Bürzeldrüse ist im allgemeinen bei der Hausente größer, weil der Fettgehalt im allgemeinen in der Domestikation anwächst, nur als einen genauen Index desselben können wir sie nicht benutzen und bleiben somit für die Feststellung dieses Fettgehaltes dieser Tiere angewiesen auf ein nach dem allgemeinen Eindruck gegebenes Urteil, das denn ja auch im Durchschnitt der domestizierten Form den größeren Fettgehalt zuweist. Dieser größere Fettgehalt des domestizierten Tieres wird zweifellos hervorgerufen durch die in der Domestikation stärkere und gleichmäßigere Ernährung.

Dementsprechend finden wir denn auch bei der Hausente den Darm stärker entwickelt. Absolut genommen ist er naturgemäß länger als bei der kleineren Wildente (Männchen der Hausente 228,1 cm, Männchen der Wildente 152,2 cm und Weibchen der Hausente 227,0 cm, Weibchen der Wildente 143,6 cm). Bezieht man die Länge des Darmes auf die Länge des ganzen Tieres, so ist der Darm

der zahmen Ente im Durchschnitt 4mal, der der wilden aber nur 3mal so lang wie die Körperlänge. Nicht ohne Einfluß auf diese Verlängerung des Darmes in der Domestikation ist vielleicht die Art der Nahrung gewesen. Während nämlich die Wildente im allgemeinen neben pflanzlicher auch sehr viel animalische Nahrungsstoffe zu sich nimmt (Schnecken, Muscheln), lebt die Hausente fast ausschließlich von cellulosereichem Körnerfutter. Bei ausschließlichen Pflanzenfressern ist aber ganz allgemein der Darm länger als bei anderslebenden Verwandten. Aus den eben gegebenen Zahlen geht übrigens hervor, daß bei den weiblichen Tieren, sowohl bei wilden wie zahmen, der Darm relativ etwas länger ist als bei den männlichen Tieren. Vielleicht ist als Grund hierfür die Eierproduktion beim weiblichen Tier anzusehen, da wegen des starken Dottergehaltes des Vogeleies besondere Ansprüche an den Ernährungsapparat des Weibchens gestellt werden.

Hinsichtlich des Muskelmagens, der nach Herausnahme des Inhalts, aber mit Erhaltung der auskleidenden Hautschicht gewogen wurde, sind genaue Angaben mit Sicherheit nicht zu machen. Die Gewichtswerte sind nämlich beim wilden wie zahmen Tier, sowohl beim Männchen wie Weibchen, annähernd gleich. Absolut findet sich zwar bei der größeren Hausente naturgemäß der schwerere Magen, aber auf 1000 g Körpergewicht bezogen ist im Durchschnitt kein Unterschied zu konstatieren:

♂	Abs. Gew.	Relat. Gew.
dom.	42,258	26,111
fer.	29,408	29,301
♀		
dom.	43,275	25,933
fer.	21,265	24,503

Zwar ist das Durchschnittsgewicht bei dem Männchen der Wildente etwas höher als bei dem Männchen der Hausente, doch wird dies dadurch veranlaßt, daß das Wildentenmännchen No. 1 einen ganz ungewöhnlich hohen Gewichtswert für den Muskelmagen aufweist, so daß nach dessen Ausschaltung die Gewichte bei Haus- und Wildente etwa übereinstimmen.

Gehen wir nun zur Betrachtung des Herzens über, das ja einen Index der gesamten Stoffwechselintensität darstellt (HESSE). Vor allem sind es hier die Arbeitsleistung der Muskeln und die Wärme-

ausstrahlung, die von Einfluß auf die Herzgröße sind. Je größer diese beiden, desto umfangreicher muß der Zustrom an Arbeits- und Heizmaterial ins Blut sein, desto erheblichere Ansprüche werden an die Wirksamkeit des Herzens gestellt, das ja mittels des Blutkreislaufes den Transport der Nähr- und Abfallstoffe zu bewerkstelligen hat. Vergleicht man nun die Zahlen der Herzgewichte der Haus- und Wildente miteinander, so muß man feststellen, daß das zahme Tier absolut das schwerere Herz besitzt (12,273 g Männchen der Hausente gegen 9,894 g Männchen der Wildente und 11,021 g Weibchen der Hausente und 7,905 g Weibchen der Wildente). Anders verhalten sich die relativen Werte. Zunächst muß darauf hingewiesen werden, daß sich sowohl bei der zahmen wie auch der wilden Form ein Gewichtsunterschied zwischen dem Herzen des männlichen und weiblichen Geschlechts findet. In beiden Fällen haben die weiblichen Tiere die relativ leichteren Herzen (Männchen der Hausente 7,444 ‰, Weibchen der Hausente 6,556 ‰ und Männchen der Wildente 10,026 ‰, Weibchen der Wildente 9,272 ‰). Außer diesem Geschlechtsunterschied findet sich aber vor allem ein erheblicher Domestikationsunterschied. In allen Fällen haben die Wildenten die relativ schwereren Herzen. Sonderbarerweise ist der Unterschied bei den weiblichen Tieren größer als bei den männlichen. Während nämlich das relative Herzgewicht im Durchschnitt auf Seite des wilden Männchens nur um $\frac{1}{3}$ höher ist als das des zahmen, ist es beim wilden Weibchen fast um die Hälfte höher als beim zahmen. Diese zwischen Männchen und Weibchen bestehende Verschiedenheit in der Abnahme des relativen Herzgewichtes läßt sich aber erklären durch die verschiedenen Gesamtgewichte der verglichenen Tiere. In diesem Falle zeigt sich so recht deutlich, wie wichtig es ist, Tiere von gleicher Größe zu vergleichen bzw., wie oben (S. 630) gesagt ist, durch Untersuchung verschieden großer Formen eine andere Möglichkeit zu beschaffen, das „Tempo“ der Gewichtszunahme für jedes Organ zu erkennen. Wie nämlich ein Vergleich der Krickente mit der mehr als 3 mal so schweren Stockente zeigt, ist das Herz bei der kleineren Wildform relativ größer, obgleich doch beide Wildformen unter den gleichen Lebensbedingungen stehen:

260,5	Durchschnittsgesamtgewicht bei Krickente,				
918,0	„	„	„	„	Stockente.
11,28	Durchschnitt der rel. Herzgewichte bei Krickente,				
9,65	„	„	„	„	Stockente.

Da nun der Unterschied im Gesamtkörpergewicht bei den von mir untersuchten Weibchen der wilden und zahmen Ente größer ist als bei den Männchen:

Wildente	Hausente
852 Weibchen	1666 Weibchen
984 Männchen	1686 Männchen,

so muß dementsprechend die Differenz zwischen den relativen Herzgewichten auch größer sein. Eine verschiedene Beeinflussung des Herzens beim Männchen und Weibchen liegt also direkt nicht vor, wohl aber hat hier indirekt die Größe des Tieres einen Unterschied im Herzgewicht bewirkt. Hier kann man daher so recht erkennen, wie notwendig es ist, die Gesamtgewichte der Tiere bei den Vergleichen in Rechnung zu ziehen.

In ähnlicher Weise kommt der Unterschied in der Größe des Tieres ganz besonders für den Vergleich relativer Werte des Gehirns in Betracht. Für unseren speziellen Fall braucht man allerdings hierauf keine besondere Rücksicht zu nehmen, denn ein Vergleich der relativen Gewichtswerte für das Hirn erübrigt sich, weil schon die absoluten Zahlen überall ein Überwiegen des Gehirns auf Seiten des kleineren Wildtieres ergeben:

	Hausente	Wildente
Männchen	5,48	6,15
Weibchen	4,86	5,61

Aber auch hier ist es besser, Männchen mit Männchen und Weibchen mit Weibchen zu vergleichen, da ebenfalls wie beim Herzen Geschlechtsunterschiede, wenn auch in geringerem Maße, vorzuliegen scheinen, deren genaue Feststellung allerdings nicht einwandfrei möglich war, da die Zahl der Gehirne doch zu gering ist. Diese Abnahme des Gehirns in der Domestikation ist für die Ente bereits von LAPICQUE u. GIRARD, für Haustiere ganz im allgemeinen von KLATT festgestellt worden. Um nun aber festzustellen, welcher Teil des Gehirnes in der Domestikation denn eigentlich am meisten abgenommen hat, wurden Wägungen der einzelnen Hirnteile vorgenommen, und zwar erstreckten sich diese Teilwägungen auf die beiden Großhirnhälften, das Kleinhirn und den noch bleibenden Hirnrest. Allerdings erfolgte diese Wägung erst nach der Behandlung in Formol 1:9 und Alkohol, aber der Gewichtsverlust, den die Gehirne hierdurch erfahren haben, schwankt bei wilden wie domestizierten Tieren etwa im gleichen

Grade, so daß man wohl von seiner Berücksichtigung absehen kann. Damit nun aber nicht etwa infolge verschiedenen Flüssigkeitsgehaltes in den einzelnen Hirnteilen während der Wägung fehlerhafte Angaben über das Gewicht entstanden, wurden sie vor der Wägung alle in genau derselben Weise behandelt. Die Teile wurden vom Augenblick der Herausnahme aus dem Alkohol etwa 3 Minuten an der Luft liegen gelassen, wobei sie mit Löschpapier flüchtig getrocknet wurden, und dann rasch gewogen. Diese auf alle Hirnteile gleichmäßig angewandte Methode mag einen wenigstens einigermaßen gleichmäßigen Feuchtigkeitsgehalt in ihnen gewährleisten. Um anschaulich zu machen, welche Hirnteile in der Domestikation relativ größer, welche kleiner geworden sind, habe ich ihre Gewichte in jedem einzelnen Fall in Prozenten des Gewichtes ihrer Summe ausgedrückt. Während nun bei den zahmen Männchen das Kleinhirn und der „Rest“ den wilden Männchen gegenüber am Gesamtgewicht des Hirns weniger beteiligt ist, ist bei den zahmen weiblichen Tieren diese Abnahme nur beim Kleinhirn zu konstatieren, der „Rest“ ist dagegen beim Weibchen der Hausente dem Weibchen der Wildente gegenüber etwas stärker beteiligt. Aber auch hier wird dieser Unterschied durch ein Tier hervorgerufen, dessen „Rest“ einen ungewöhnlich hohen Prozentteil des ganzen Hirnes ausmacht, so daß ohne dieses auch der „Rest“ bei der Wildente im Mittel größer sein würde. Anders verhält es sich mit den Großhirnhälften, hier finden sich bei den zahmen Tieren durchweg die größeren Werte. Rechnet man ohne Berücksichtigung des Geschlechts die Durchschnittswerte aus, so erhält man für die prozentuale Beteiligung

des „Restes“	Hausente	Wildente
am Gesamtgewicht des Hirns	23,55	24,18
für die des Kleinhirns	11,49	12,41
für die des Großhirns	32,68	31,68

Will man diese auf der Untersuchung von nur wenigen Individuen basierenden Resultate als sichere hinnehmen, so ergibt sich, daß das Großgehirn weniger stark abgenommen hat als Kleinhirn und „Rest“; das ist verständlich, da die Aufgabe des Kleinhirnes im wesentlichen ist, die Koordination der Bewegungen zu bewerkstelligen, und diese bei der fliegenden, schwimmenden und laufenden Wildente wohl sicher mannigfaltiger sein dürften als bei der im wesentlichen nur laufenden Hausente.

Was nun die Augen betrifft, so sind auch hier zunächst leichte

Tabell

No.	linkes Auge		rechtes Auge		Summe der Hirnteile	Rest		Kleinhirn		linke Hemisphäre		rechte Hemisphäre		Hirn frisch		An Gewicht
	‰	absolut	‰	absolut		% der Summe	absolut	% der Summe	absolut	% der Summe	absolut	% der Summe	absolut	‰	absolut	
1	3,100	0,69	3,140	0,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,67	2,82	222,6
2	2,781	0,68	2,781	0,68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,06	2,95	244,5
3	2,789	0,71	2,829	0,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,46	3,17	254,5
4	2,184	0,70	2,215	0,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	320,5
Durchschn.	2,713	0,695	2,741	0,702	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,396	2,900	260,50
5	1,669	1,35	1,607	1,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Stocker 808,5
9	1,606	1,32	1,606	1,32	3,33	24,02	0,80	12,01	0,40	32,73	1,09	31,23	1,04	6,776	5,57	822
7	1,564	1,29	1,564	1,29	3,75	23,73	0,89	12,27	0,46	32,80	1,23	31,20	1,17	6,824	5,65	825
3	1,384	1,32	1,363	1,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	953
Durchschn.	1,555	1,320	1,535	1,318	3,54	23,87	0,84	12,14	0,43	32,77	1,16	31,21	1,11	6,8	5,61	852,125
										31,99						
8	1,814	1,41	1,814	1,41	3,41	24,93	0,85	13,48	0,46	30,49	1,04	31,08	1,06	7,593	5,90	777
6	1,471	1,45	1,522	1,50	4,28	24,06	1,02	11,91	0,51	32,17	1,39	31,77	1,36	6,508	6,41	945,5
2	1,579	1,57	1,609	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	991,5
4	1,599	1,65	1,579	1,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1032
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1135
Durchschn.	1,613	1,520	1,631	1,535	3,84	24,49	0,93	12,69	0,48	31,33	1,21	31,42	1,21	7,05	6,15	984,5
										31,38						
Durchschn. von ♂ u. ♀						24,18		12,41		31,68						

Geschlechtsunterschiede zu konstatieren. Der Vergleich etwa gleich großer Tiere läßt erkennen, daß sowohl bei Wild- wie bei Hausente

n und Auge).

Art	Hirn frisch		rechte Hemisphäre		linke Hemisphäre		Kleinhirn		Rest		Summe der Hirnteile	rechtes Auge		linkes Auge		No.
	absolut	‰	absolut	% der Summe	absolut	% der Summe	absolut	% der Summe	absolut	% der Summe		absolut	‰	absolut	‰	
vergente																
755	4,03	5,338														
ausenten																
1414	4,60	3,253	0,93	31,85	0,93	31,85	0,36	12,32	0,70	27,39	2,92	1,30	0,919	1,27	0,898	12
1424,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,32	0,926	1,31	0,919	4
1569	5,45	3,474	1,09	32,24	1,11	32,84	0,40	11,83	0,78	23,07	3,38	1,50	0,955	1,51	0,962	11
1606	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,50	0,934	1,55	0,965	2
1777	4,35	2,448	0,91	32,93	0,90	32,60	0,34	12,36	0,61	22,10	2,76	1,44	0,810	1,44	0,810	14
1930,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,55	0,802	1,61	0,834	3
1945	5,07	2,607	1,05	32,91	1,0	32,29	0,35	10,96	0,76	23,82	3,19	1,51	0,776	1,49	0,766	13
1666,685	4,86	2,945	0,99	32,48	0,99	32,39	0,36	11,87	0,71	24,09	3,06	1,445	0,874	1,454	0,879	Durchschn.
				32,43												
1059	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,55	1,463	1,42	1,350	1
1163	5,27	4,531	1,05	32,60	1,03	31,98	0,40	12,42	0,74	22,98	3,22	1,32	1,136	1,37	1,177	9
1547	5,30	3,426	1,07	32,82	1,05	32,20	0,39	11,96	0,75	23,00	3,26	1,53	0,988	1,53	0,988	10
1710	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,71	0,998	1,67	0,982	5
2210	5,83	2,632	1,23	31,94	1,30	33,77	0,40	10,39	0,92	23,89	3,85	1,92	0,866	1,89	0,853	6
2426	6,00	2,358	1,23	34,07	1,23	34,07	0,35	9,69	0,80	22,16	3,61	1,81	0,746	1,82	0,750	7
1686,083	5,48	3,237	1,14	32,85	1,15	33,01	0,38	11,11	0,80	23,01	3,48	1,640	1,033	1,616	1,016	Durchschn.
				32,93												
				32,68				11,49		23,55						

die Augen bei männlichen Tieren etwas schwerer sind als bei weiblichen:

Hausente

l.	♀		♂		l.
	r.	Körpergew.	Körpergew.	r.	
1,51	1,50	1569	1547	1,53	1,53
1,55	1,50	1606	1710	1,71	1,67
1,44	1,44	1777			

Wildente

l.	♀		♂		l.
	r.	Körpergew.	Körpergew.	r.	
1,35	1,36	808	777	1,41	1,41
1,32	1,32	822	985	1,50	1,45
1,32	1,30	953	994	1,60	1,57

Der Vergleich der zahmen mit der Wildform ergibt auch hier wieder eine Abnahme auf Seiten der ersteren, wenn man die relativen Zahlen heranzieht:

♂	R.		L.	
	abs.	relat.	abs.	relat.
dom.	1,640	1,033	1,616	1,016
fer.	1,535	1,631	1,520	1,613
♀				
dom.	1,445	0,874	1,454	0,879
fer.	1,318	1,535	1,320	1,555

Allerdings muß man hier beim Auge, ebenso wie bei Herz und Hirn, auch wieder ganz besonders vorsichtig sein und darf den Unterschied in den relativen Werten nicht ohne weiteres als Domestikationswirkung betrachten. Wie schon in der Einleitung gesagt, nehmen gerade für Hirn und Auge als Flächenorgane die relativen Werte ganz besonders stark mit wachsender Größe ab, so daß die Frage gestellt werden muß, ob nicht der Unterschied in der Gesamtgröße der Tiere schon genügt, um die relativen Werte bei der Hausente stark herabzudrücken. Wenn wir aber berücksichtigen, daß bei der Krickente das relative Augengewicht 2,7 beträgt und daß dieser Wert bei der über dreimal so schweren Stockente auf bald die Hälfte — 1,5 beim Weibchen — fällt, so dürfte bei einer wilden Ente von der Größe der zahmen Ente, d. h. bei einer Form, die nicht ganz doppelt so schwer wäre wie die Stockente, das relative Augen-

gewicht nicht wieder um fast den gleichen Betrag fallen, wie dies bei der Hausente tatsächlich der Fall ist (von 1,55 auf 0,87 beim Weibchen). D. h. das Auge ist bei der zahmen Ente leichter, als das einer Wildente von gleicher Größe sein würde.

Faßt man nun alles in allem zusammen, so muß man sagen, daß sich im Gefolge der Domestikation recht erhebliche Unterschiede herausgebildet haben. Es wäre jetzt aber noch die Frage zu entscheiden, welches denn die eigentlichen Ursachen sind, die diese Veränderungen veranlaßt haben können; handelt es sich um die Folgen einer lange Jahrhunderte dauernden Selektion erblicher Unterschiede oder können dieselben nicht ebenso gut durch die verschiedene Lebensweise beider Formen in wesentlich kürzerer Zeit etwa durch funktionelle Anpassung entstanden sein? Daß letzteres für manche der in dieser Arbeit festgestellten Unterschiede möglich ist, zeigen die oben zitierten Experimente von KÜLBS. Um eine volle Entscheidung zu treffen, müßte man jedoch das alte Experiment HEWITT's erneuern und Wildenten einer Neudomestikation unterwerfen. Solche Experimente mit nachfolgender genauer gewichtsmäßiger Untersuchung der einzelnen Organe der Tiere würden auch über die Ursachen der Veränderungen in der Domestikation Aufklärung schaffen.

Literaturverzeichnis.

1. BRANDT, Das Hirngewicht und die Zahl der peripheren Nervenfasern in ihrer Beziehung zur Körpergröße, in: *Biolog. Ctrbl.*, Vol. 18, 1898.
2. BREHM's Tierleben, die Vögel, Leipzig u. Wien 1892.
3. BRONN-GADOW, Naturgeschichte der Vögel.
4. CRAMPE, Vergleichende Untersuchungen über das Variiren in der Darmlänge und in der Grösse der Darmschleimhautfläche bei Thieren einer Art, in: *Arch. Anat. Physiol.*, 1872.
5. DARWIN, Das Variiren der Thiere und Pflanzen, Vol. 1, übers. von CARUS, Stuttgart 1880.
6. DÜRIGEN, Geflügelzucht, Berlin 1880.

7. DUBOIS, Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les Mammifères, in: Bull. Soc. Anthropol., 1897.
8. FRIEDRICH, Geflügelbuch, Stuttgart 1896.
9. FÜRBRINGER, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel, Amsterdam 1883.
10. GROBER, Über Massenverhältnisse an Vogelherzen, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 125, 1908.
11. —, Über die Arbeitshypertrophie des Herzens und seiner Teile.
12. HEINROTH, Beiträge zur Biologie, Ethologie und Physiologie der Anatiden.
13. HESSE u. DOFLEIN, Tierbau und Tierleben, Vol. 1, 1910.
14. KLATT, Ueber die Veränderungen der Schädelkapazität in der Domestikation, in: SB. Ges. naturf. Fr. Berlin, 1912.
15. —, Ueber den Einfluß der Gesamtgröße auf das Schädelbild, nebst Bemerkungen über die Vorgeschichte der Haustiere, in: Arch. Entw.-Mech., 1913.
16. —, Bericht über eine Reise nach Eritrea, in: SB. Ges. naturf. Fr. Berlin, 1913.
17. KÜLBS, Über Herzgewicht bei Tieren, in: Verh. 26. Kongr. innere Med. Wiesbaden, 1909, p. 198.
18. —, Über den Einfluss der Bewegung auf die Entwicklung innerer Organe, in: Flugschr. deutsch. Ges. Züchtungsurkunde.
19. KÜLBS u. BERBERICH, Neuere Untersuchungen über den Einfluss der Bewegung auf die Entwicklung und Zusammensetzung der inneren Organe, *ibid.*
20. KOSSMANN, Über die Talgdrüsen der Vögel, in: Ztschr. wiss. Zool., Vol. 31.
21. LAPIQUE et GIRARD, Sur le poids de l'encéphale chez les animaux domestiques, in: CR. Soc. biol., 1907, p. 1015—1018.
22. NEHRING, Über den Einfluss der Domestikation auf die Grösse der Tiere, in: SB. Ges. naturf. Fr. Berlin, 1888.
23. RÜTIMEYER, Die Fauna der Pfahlbauten, Basel 1861.
24. WELCKER und BRANDT, Gewichtswerte der Körperorgane bei dem Menschen und den Tieren, in: Arch. Anthropol., Vol. 28, 1902.

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Untersuchungen über den Hämoglobingehalt, die Zahl und die Größe der roten Blutkörperchen,

mit besonderer Berücksichtigung der Domestikations-
einwirkung.

Von

Dr. med. vet. **W. Lange.**

(Aus dem Zoologischen Institut der Kgl. Landw. Hochschule Berlin.)

Im Blute der Wirbeltiere ist eine Arbeitsteilung derart eingetreten, daß bei der Vermittelstätigkeit im Dienste des Stoffwechsels der Sauerstofftransport von den roten Blutkörperchen übernommen wird, die durch ihren Gehalt an Hämoglobin dafür besonders ausgerüstet sind. Die Menge des Sauerstoffes, der transportiert werden kann, hängt von der Menge des vorhandenen Hämoglobins und von dessen geeigneter Verteilung ab. Da die Sauerstoffaufnahme auf der Oberfläche der roten Blutkörperchen stattfindet, so ist nicht nur der absolute Hämoglobingehalt, sondern auch die Gesamtoberfläche, auf der das Hämoglobin mit dem Sauerstoff in Berührung kommt, von Wichtigkeit; wenn die gleiche Menge Hämoglobin auf eine größere Oberfläche verteilt ist, geschieht die Bindung des Sauerstoffes entsprechend ausgiebiger und schneller. Deshalb ist, neben dem Hämoglobingehalt, die Zahl der roten Blutkörperchen und deren Raumverhältnisse sowie auch ihre Gesamtoberfläche in der Raumeinheit von Bedeutung.

Am lehrreichsten wäre es natürlich, für ein Tier die Gesamtoberfläche der Erythrocyten seines ganzen Blutes bestimmen zu

können. Dazu ist aber die Kenntnis der Blutmenge als Grundlage notwendig; die Berechnung der Blutmenge ist jedoch eine so schwierige und zeitraubende Arbeit, daß ich mich hier genötigt sehe, davon abzusehen. Jedenfalls müßte die Bestimmung der Blutmenge gleichzeitig mit der Bestimmung der Zahl der roten Blutkörperchen, ihrer Größenverhältnisse und des Hämoglobingehaltes erfolgen, da die Blutmenge eines Tieres unter verschiedenen physiologischen Bedingungen fast stündlich wechselt.

Es bleibt aber immer noch sehr wissenswert, wie sich die Sauerstoffkapazität in der Raumeinheit des Blutes bei verschiedenen Wirbeltieren verhält; denn es ist zu erwarten, daß sie entsprechend dem Sauerstoffbedürfnis der Tiere wechselt. Die Untersuchungen, die über das verschiedene Verhalten des Blutes nach dem Lebensalter, bei Schwangerschaft und unter anderen Einflüssen vorliegen, beziehen sich in der Hauptsache auf den Menschen. An anderen Wirbeltieren sind ihrer nur sehr wenige gemacht. Außerdem sind diese Untersuchungen meist mit verschiedenen Methoden ausgeführt, von denen die früheren unzuverlässig waren und seither vielfach verbessert worden sind; die erhaltenen Werte sind daher untereinander nicht vergleichbar. Insonderheit dem Einfluß der Domestikation auf die Beschaffenheit des Blutes ist noch sehr wenig Beachtung geschenkt worden. Man weiß, daß das Knochengerüst, die Muskulatur und das Nervensystem der Haustiere unter dem Einfluß ihrer Haltung in unnatürlichen Verhältnissen wesentlich abgeändert worden sind; so liegt es denn auch nahe, die Unterschiede im Hämoglobingehalt und in der Erythrocytenzahl bei Haustieren einerseits und ihren wild lebenden Stammformen andererseits eingehender zu betrachten.

Mit großer Freude habe ich daher die mir von Herrn Prof. Dr. HESSE empfohlene vergleichende Untersuchung über Zahl, Oberfläche und Hämoglobingehalt der roten Blutkörperchen, mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Domestikation, übernommen; auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. HESSE meinen wärmsten Dank aussprechen für die Zuweisung dieser fesselnden Arbeit und für die Ratschläge, die er mir für ihre Bearbeitung gegeben hat. Die schwierige Materialbeschaffung wurde mir dadurch sehr erleichtert, daß mir Herr Prof. Dr. BAUR seinen reichen Bestand an Ratten und Kaninchen, die er zu wissenschaftlichen Zwecken in Friedrichshagen züchtete, freundlichst überließ; ich schulde ihm dafür meinen größten Dank. Ebenfalls möchte ich nicht verfehlen,

Herrn Privatdozenten Dr. KLATT und Herrn Dr. KRÜGER, damals Assistenten am Zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, für ihre gütige Unterstützung meinen tief empfundenen Dank auszusprechen.

A. Untersuchungsmethoden.

Bevor ich an die Darlegung meiner Untersuchungsergebnisse gehe, möchte ich kurz die Methoden kennzeichnen, deren ich mich bedient habe. Um die Oberfläche der roten Blutkörperchen im Kubikmillimeter Blut zu bestimmen, ist natürlich notwendig, die Zahl der roten Blutkörperchen und die Größe der Oberfläche eines einzelnen zu kennen; außerdem mußte der Hämoglobingehalt des Blutes untersucht werden, der ja für jede Art charakteristisch ist.

Das zu den Untersuchungen nötige Blut habe ich bei erwachsenen Kaninchen aus der Randohrvene nach deren Querdurchtrennung entnommen; kleinere Tiere (junge Kaninchen, junge Hühner und Tauben, Ratten, Mäuse) wurden mit Äther betäubt, und das Blut wurde aus der quer durchschnittenen Halsvene gewonnen. Tauben entnahm ich das erforderliche Blut aus der Vena femoralis, Hühnern aus der Vena radialis, Fröschen, Fischen und Ringelnattern aus dem Herzen, nachdem die Herzbeutelflüssigkeit mit Fließpapier sorgfältig entfernt worden war. Bei den zu untersuchenden Kaninchen achtete ich stets darauf, daß ihnen erst mehrere Stunden nach der Futteraufnahme Blut entnommen wurde; meist geschah es in den späten Vormittagsstunden.

Zur Zählung der roten Blutkörperchen habe ich die nach BÜRGER verbesserte THOMA-ZEISS'sche Zählkammer benutzt und bin genau nach den Vorschriften verfahren, die BÜRGER für seine neue Zählkammer gegeben hat. Aus den für jedes Versuchstier gemachten vier Zählungen zog ich das arithmetische Mittel; die Grenzwerte zeigten so geringe Schwankungen, daß der Fehler nur ganz unbedeutend sein und deshalb unberücksichtigt bleiben kann. Ganz besonderer Wert wurde auf die gleichmäßige Verteilung der roten Blutkörperchen in der Mischflüssigkeit gelegt.

Die Größe (Längen- und Querdurchmesser, Dicke) der Erythrocyten ist mit dem Okularmikrometer bestimmt worden; aus zwanzig Durchschnittsblutkörperchen jedes Versuchstieres nahm ich das Mittel; die Dickenbestimmung der größeren ovalen Blutkörperchen war oft

recht schwierig, weil sie sich nur selten unter dem Deckgläschen auf die Seite legten. Um nun die Oberfläche eines roten Säugetierblutkörperchens zu berechnen, habe ich dasselbe als Zylinder angesehen, dessen Höhe die Dicke und dessen Radius der halbe Durchmesser darstellte, und zwar rechnete ich nach der Formel $2\pi r(r+h)$. Ungleich größer war die Schwierigkeit der Oberflächenberechnung eines ovalen Blutkörperchens; auch dieses behandelte ich wie einen Zylinder, dessen Radius ein Viertel der Summe des Längen- und Querdurchmessers beträgt und dessen Höhe gleich der Dicke des Kernes ist.

Der Fehler, der bei der Oberflächenberechnung der runden Blutkörperchen gemacht wird, dürfte nicht groß sein; denn einerseits ist die Wölbung der Fläche, die eine Vergrößerung der Oberfläche bedeutet, andererseits die Abrundung der Kanten, die zu einer Verminderung der Oberfläche gegenüber der eines Zylinders bewirkt, vernachlässigt, Fehler, die einander entgegengesetzt sind und sich daher, teilweise wenigstens, ausgleichen. Bedeutend größer ist der Fehler natürlich bei den ovalen Erythrocyten, da der Kern den übrigen Teil bei weitem überragt. Im übrigen bleibt der Vergleichswert der Ergebnisse unberührt, da in allen Fällen gleich verfahren wurde und die Abweichungen von der Wirklichkeit ganz oder nahezu gleich sein werden.

Zur Bestimmung des Hämoglobingehalts habe ich das Kolbenkeilhämoglobinometer von PLESCH benutzt; Herrn Geheimrat Prof. Dr. ZUNTZ, der mir dasselbe freundlichst aus seinem Institut geliehen hat, sage ich dafür auch an dieser Stelle meinen besten Dank. In dem Werke „Hämodynamische Studien“ gibt PLESCH eine genaue Beschreibung des Apparats und seiner Handhabung. Nachstehende Beschreibung ist seiner Arbeit entnommen. „Der Raum, der das zu untersuchende Blut aufnehmen soll, ist keilförmig, dadurch wird die Schichtdicke der Farblösung von unten nach oben zunehmen. Der Kolbenkeil ist 10 cm lang, demgemäß trägt das Glasgefäß eine Teilung von 0–100 Millimeter. Jeder Millimeter wird daher 1 p. Ct. Schichtdickenzunahme bedeuten. Die Schichtdicke ist umgekehrt proportional der Konzentration. Wenn wir also eine Lösung, welche sich in einem gleich weiten Glasgefäß befindet, mit der Teströhre vergleichen, so entspricht die Konzentration der zu untersuchenden Lösung derjenigen Höhe des Flüssigkeitskeiles oder, was dasselbe ist, des Kolbenkeiles, bei welcher die entsprechende Schicht-

dicke der Testlösung Farbgleichheit aufweist. Als Testblut dient ein Blut, welches 20 Volumprocente Kohlenoxyd zu binden fähig ist und 200fach verdünnt ist. Die Röhre, in welcher sich der Kolbenkeil und das Testblut befinden, enthält außerdem noch reines Kohlenoxyd und ist zugeschmolzen. Die Röhre mit der zu untersuchenden Blutflüssigkeit hat dieselbe Weite wie die Teströhre. Die dem Apparat beigegebene Pipette besitzt zwei Marken, in ihr wird das Untersuchungsblut zweihundertfach verdünnt, man arbeitet also mit absolut genauen Verdünnungen. Durch Leuchtgas wird das zu untersuchende Blut zu Kohlenoxydhämoglobin umgewandelt und erhält dadurch dieselbe Färbung wie das in der Teströhre befindliche Blut; diese wird in dem Apparat solange verschoben, bis Farbgleichheit im Gesichtsfeld zu beobachten ist. Die Ablesungen können natürlich beliebig oft erfolgen und dann gemittelt werden. Die abgelesene Millimeterhöhe gibt die Sauerstoffkapazität, das ist der Hämoglobingehalt des untersuchten Blutes in Prozenten der Testlösung. Die Umrechnung in absolute Sauerstoffkapazitätsszahlen geschieht durch einfache Proportion; praktisch brauchen wir, weil doch die Testlösung 20 Volumprocente Sauerstoff enthält, die Millimeterhöhe nur mit 0,2 zu multiplizieren, um die Sauerstoffkapazität des untersuchten Blutes sofort berechnet zu haben.“

Die Ablesung erfolgte immer bei Beleuchtung durch die Gasglühlampe; aus 10 Ablesungen nahm ich das Mittel. Da das Blut verschiedener Versuchstiere einen stärkeren Hämoglobingehalt aufwies, als das Kolbenkeilhämoglobinometer anzeigen konnte, habe ich das Blut 400fach verdünnt und dann die abgelesene Zahl mit 2 multipliziert. In den Tabellen habe ich den Hämoglobingehalt in Prozenten der Testlösung angegeben; dieselben, wie oben erwähnt, mit 0,2 multipliziert ergeben die Zahlen für die absolute Sauerstoffkapazität.

Nachdem ich mich durch längere Übung nach Anleitung des Herrn Dr. KRÜGER mit den oben angeführten Methoden vertraut gemacht hatte, konnte ich an die Ausführung der gestellten Aufgabe gehen.

B. Eigene Untersuchungen.

I. Einfluß des Alters.

Frühere Untersuchungen:

Der Einfluß des Alters auf die Zahl der Erythrocyten ist in

bezug auf den Menschen Gegenstand umfangreicher Untersuchungen gewesen. Ich führe kurz die Ergebnisse aus der Arbeit von NADESCHDA SUSTSCHOWA an. Er schreibt: „Das Alter hat einen bestimmten Einfluß auf die Zahl der Blutkörperchen beim Menschen. SÖRENSEN, BOUCHUT u. DUBRISAY, DUPERIE und TÖNISSEN haben es durch ihre Untersuchungen nachgewiesen. BOUCHUT u. DUBRISAY fanden, daß das Kinderblut reicher an roten Blutkörperchen sei als das Blut der Menschen aus anderen Lebensperioden. DUPERIE fand, daß das Blut Neugeborener so viel Erythrocyten enthält wie das des stärksten Erwachsenen. LEPINE bemerkte, daß am Tage der Geburt die Zahl der roten Blutkörperchen größer sei und am zweiten Tage stark abnimmt. OTTO hat aus seinen Blutkörperchenzählungen geschlossen, daß im jugendlichen Alter die Anzahl sowohl der roten wie weißen Blutkörperchen entschieden vermehrt sei. SUSTSCHOWA fand, daß die Zahl der roten Blutkörperchen der jugendlichen Tiere größer ist als die der erwachsenen desselben Geschlechts und fast desselben Hämoglobingehalts.“ SCHWINGE sagt in seiner Zusammenfassung: „In den verschiedenen menschlichen Lebensaltern ist regelmäßig die Menge des Hämoglobingehalts und Zahl der roten wie auch der farblosen Blutzellen eine verschiedene; die ersteren beiden Werte, unmittelbar nach der Geburt am größten und bald danach zu einem Minimum absinkend, nehmen weiterhin mit dem Wachstum zu, zeigen in der Reifeperiode gewisse periodische Schwankungen, um endlich gegen das Lebensende wieder abzunehmen.“

Ich habe den Einfluß des Alters an Kaninchen, Hühnern und Tauben untersucht und folgendes festgestellt:

1. Hauskaninchen (Tabelle 1).

Es wurden 24 Tiere im Alter von 12 Stunden bis zu 10 Wochen untersucht, außerdem 4 Feten.

Die Untersuchung der 4 29tägigen Feten zeigt, daß die Zahl der Erythrocyten im Durchschnitt 3,73 Millionen gegen 5,43 der erwachsenen Tiere (vgl. Tabelle 4) beträgt, der Hämoglobingehalt hat nahezu die Norm der erwachsenen erreicht (76,5 % gegen 76,8 %). Die Größe der fetalen roten Blutkörperchen überragt bei weitem die der erwachsenen Formen (7,59 μ gegen 6,22 μ im Durchmesser und 2,61 μ gegen 2,4 μ in der Dicke).

Am Tage der Geburt beträgt die Erythrocytenzahl 4,5 Millionen, der Hämoglobingehalt 83 %; die Größe der roten Blutkörperchen zeigt schon eine geringe Abnahme im Vergleich zu den fetalen.

Tabelle 1.

Blutbeschaffenheit des wachsenden Hauskaninchens. (28 Versuchstiere).

No.	Alter	Gewicht g	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen in Mill.	Hämoglobin- gehalt in %	Länge eines roten Blut- körperchens in μ	Breite, Dicke eines Erythro- cyten in μ^2	Oberfläche eines Erythro- cyten in μ^2	Oberfläche der Erythro- cyten im ebnm in mm^2	Be- merkungen
1	Fetus von 29 Tagen	34,5	—	—	3,69	77	8,0	2,5	163,36	602,8	a
2	"	35,0	Hermelin	—	—	75	7,2	2,72	142,88	—	b
3	"	37,0	"	—	—	75	7,2	2,72	142,88	—	b
4	"	37,1	—	—	3,78	79	7,96	2,5	159,61	603,33	a
5	"	—	—	—	3,73	76,5	7,59	2,61	—	603,07	
6	12 Stunden	34,2	Holl. \times Hermelin	♂	4,5	83	7,48	2,5	147,73	664,8	
7	60 Stunden	70,0	"	♂	4,7	86	7,58	2,55	151,03	709,82	
8	5 Tagen	56,5	"	♂	4,51	92	—	—	—	—	
9	"	65,0	"	♂	4,46	91	—	—	—	—	
10	12 Tagen	117,0	"	♂	4,87	80	7,2	2,5	135,65	660,6	
11	"	122,0	"	♂	4,44	78	7,48	2,5	144,21	640,3	
12	19 Tagen	172,0	"	♂	4,45	76	6,5	2,4	115,32	513,16	
13	"	173,0	"	♂	5,18	83	7,32	2,5	146,64	759,62	
14	4 Wochen	238,0	Hermelin	♂	5,57	86	7,76	2,5	155,46	865,9	
15	"	254,0	"	♂	6,06	84	6,88	2,4	128,32	777,64	
16	"	320,0	Silberk.	♂	5,28	74	7,67	2,5	152,69	806,2	
17	"	340,0	Russe \times Silberk.	♂	5,64	80	7,6	2,5	150,42	848,36	
18	"	377,0	Holl. \times Widder	♂	5,3	83	6,54	2,4	116,44	617,11	
19	5 Wochen	321,0	Hermelin	♂	5,4	82	6,4	2,4	112,54	607,7	
20	"	222,0	"	♂	4,75	70	6,52	2,4	115,88	550,4	
21	6 Wochen	395,0	"	♂	4,48	65	6,4	2,4	112,54	501,18	
22	"	408,0	"	♂	4,5	65	6,4	2,4	112,54	506,42	
23	8 Wochen	320,0	Holl. \times Hasenk.	♂	6,02	85	6,42	2,4	113,09	680,81	
24	"	728,0	Black-Ten \times Albino	♂	4,64	69	6,52	2,4	115,88	537,68	
25	"	820,0	"	♂	4,75	73	6,44	2,4	113,65	539,83	
26	9 Wochen	842,0	"	♂	5,58	75	6,26	2,4	108,7	606,54	
27	"	870,0	"	♂	5,88	79	6,3	2,4	109,79	645,57	
28	10 Wochen	522,0	Russe \times Holländer	♂	4,87	77	6,27	2,4	108,94	530,54	
		525,0	"	♂	6,32	88	6,24	2,4	108,16	683,2	
			Durchschnitt		5,09	79,3	6,83	2,4		648,03	

Die Oberfläche in der Raumeinheit ist um 74 mm² größer als der erwachsenen (ungefähr $\frac{1}{8}$).

Die Blutkörperchenzahl hält sich bis zum 19. Tage auf gleicher Höhe, während der Hämoglobingehalt steigt, bis zum 5. Tage auf 92 %, um dann ganz allmählich zu fallen; er ist aber mit wenigen Ausnahmen höher als der Durchschnitt bei den erwachsenen Tieren. Die Größe der Erythrocyten nimmt langsam ab, bis sie im Alter von 9 Wochen die der erwachsenen erreicht haben.

Sehr lehrreich ist die Betrachtung der Oberflächenzahlen; mit einigen Ausnahmen übersteigen sie bei weitem die Durchschnittszahl der Erwachsenen; im Alter von 3–4 Wochen (No. 11–16) weisen sie ihre größte Höhe mit 865,9 mm² auf, der Mehrbetrag ist im Alter von 9 Wochen noch deutlich erkennbar (No. 25–28).

An der Hand dieser Ergebnisse ist der Beweis erbracht, daß die jugendlichen Tiere derselben Art mit ihrem intensiveren Stoffwechsel eine größere Oberfläche der roten Blutkörperchen im Kubikmillimeter haben; damit parallel geht ein höherer Hämoglobingehalt; die geringere Zahl an Erythrocyten wird durch ihre bedeutendere Größe ersetzt, derart, daß dadurch die gewaltige Vermehrung der Oberfläche erzielt wird. Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung bei erhöhtem Stoffwechsel ist hier in ganz hervorragender Weise verwirklicht.

Eine weitere Folgerung aus obigen Untersuchungsergebnissen ist, daß Hämoglobingehalt und Erythrocytenzahl nicht im gleichen Verhältnis steigen und fallen; ich führe einige Beispiele aus der Tabelle an:

No. 20 hat 4,48 Millionen Erythrocyten mit 65 % Hämoglobingehalt, während No. 8 mit derselben Blutkörperchenzahl 91 % Hämoglobin aufweist, andererseits hat No. 28 mit dem Hämoglobingehalt von 88 % 6,32 Millionen Erythrocyten!

2. Haushuhn (Tabelle 2).

Die Versuche wurden an 12 Kücken von rebhuhnfarbigen Italienern ausgeführt, die durch 2 Glucken ausgebrütet waren. Am Tage des Ausschlüpfens beträgt die Erythrocytenzahl 1,84 Millionen gegen 2,72 beim Erwachsenen (vgl. Tabelle 9) und der Hämoglobingehalt 42 % gegen 65,7 % der erwachsenen Henne. Bis zum 7. Tage zeigt sich ein schnelles Anwachsen der Zahl und des Hämoglobingehaltes: sie übersteigen mit 2,96 Millionen und 82 % den Durchschnitt der Hennen nicht unbedeutend; dann fallen beide Zahlen-

Tabelle 2.
Blutbeschaffenheit des wachsenden Haushuhns.
(12 Versuchstiere.)

No.	Alter	Gewicht in g	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörper- chen in Mil- lionen	Hämo- globin- gehalt in %	Länge eines roten körperchens in μ	Breite eines roten körperchens in μ	Dicke Blut- körperchens in μ	Ober- fläche eines Erythro- cyten in μ^2	Ober- fläche des Erythro- cyten im cbmm in mm^2	Bemerkungen
1	3 Stunden	43,5	rebbhuhnfarb.	—	1,84	42	13,44	7,23	3,85	293,0	539,14	
2	3 Tage	41,5	Italiener	—	2,23	64	12,54	7,0	3,85	268,1	597,86	
3	7 "	48,8	"	—	2,96	82	12,6	7,0	3,85	263,4	797,4	
4	12 "	87,4	"	—	2,65	71	13,4	6,7	3,85	279,93	742,67	
5	18 "	104,5	"	—	2,44	60	13,0	6,54	3,7	242,74	592,8	
6	18 "	127,5	"	—	2,42	58	12,44	6,77	3,54	251,53	608,7	
7	25 "	154,4	"	—	2,55	63	13,07	7,23	3,54	274,71	700,5	
8	25 "	169,6	"	—	2,45	62	12,54	7,0	3,54	258,59	633,54	
9	50 "	379,0	"	—	2,34	57	12,6	6,77	3,54	260,78	596,74	
10	50 "	544,0	"	—	2,49	61	12,77	6,6	3,54	260,78	634,56	
11	70 "	638,0	"	—	2,46	61	12,77	6,9	3,54	261,53	643,37	
12	70 "	643,0	"	—	2,39	61	13,0	6,53	3,54	237,67	568,04	
Durchschn.				—	2,43	61,8	12,84	6,93	3,66	263,23	637,9	

werte wieder bis unter den Durchschnitt des Erwachsenen und halten sich längere Zeit auf dieser Höhe.

Die jugendlichen Blutkörperchen sind größer als die von erwachsenen und erreichen erst am 18. Tage ungefähr die Norm.

Die Oberfläche der Erythrocyten ist am 1. und 3. Tage kleiner als der Durchschnitt, schnell dann bis zum 7. Tage außerordentlich empor bis zur größten Höhe (797,4 mm² gegen 630,6 mm²). Dann fallen die Zahlen wieder, betragen jedoch mit einigen Ausnahmen mehr als der Durchschnitt bei den ausgewachsenen Hennen.

3. Haustaube (Tabelle 3).

Untersucht wurden 24 Tauben im Alter von 6 Stunden bis zu 4 Monaten. Ich war überrascht, die Verhältnisse der Blutkörperchenmenge und des Hämoglobingehaltes beim Wachstum der Tauben ganz anders zu finden als bei dem der Kaninchen und Hühner. Im Gegensatz zu den beiden vorigen Versuchsreihen fallen Blutkörperchenzahl und Hämoglobingehalt (von 1,25 Millionen auf 1,14 und von 37 % auf 29 %) bis zum 3. Tage, um dann gleichmäßig anzusteigen und ungefähr im Alter von 2 Monaten die Norm mit 3,44 Millionen und 110 % zu erreichen (vgl. Tabelle 10).

Auch hier sind die jugendlichen Blutkörperchen größer; ungefähr im Alter von 28 Tagen haben sie die normale Größe (12,46—6,87—3,1 μ) angenommen.

Eigenartig ist die Veränderung der Oberflächenzahlen; sie steigen von 329,46 mm² (gegen 859,47 mm² der geschlechtsreifen Tauben), erreichen im Alter von 4 Wochen (das ist ungefähr der Zeitpunkt des Flügge werdens) jene Zahl und übersteigen im Alter von 3—4 Monaten dieselbe beträchtlich (um 140 mm² = $\frac{1}{6}$).

Besonders ist auf das plötzliche und rasche Ansteigen der Oberfläche im Alter von 9 Tagen (von etwa 460 mm² am 8. Tage auf 587 mm² am 9. Tage) hinzuweisen. Dies ist nämlich etwa der Zeitpunkt, wo die Eltern das Nest verlassen; jene Vermehrung der Oberfläche fällt also zusammen mit dem Bedürfnis größerer Sauerstoffzufuhr zur Steigerung der Verbrennung und damit der Wärmeerzeugung.

II. Einfluß des Geschlechtes.

Frühere Untersuchungen:

Über den Einfluß des Geschlechtes auf die Zahl der roten Blutkörperchen ist sehr viel geschrieben worden, besonders in bezug auf

Tabelle 3.
Blutbeschaffenheit der wachsenden Haustaube.
(24 Versuchstiere.)

No.	Alter	Gewicht in g	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörper- chen in Mil- lionen	Hämo- globin- gehalt in %	Länge eines roten körperchens in μ	Breite eines roten körperchens in μ	Dicke eines roten körperchens in μ	Ober- fläche eines Erythro- cyten in μ^2	Ober- fläche des Erythro- cyten in mm^2	Bemerkungen
1	6 Stunden	18,0	Brieftaube	—	1,25	37	12,8	9,0	3,85	318,46	398,1	gefüllter Kropf
2	1 Tag	39,5	"	—	1,24	35	13,0	7,77	3,85	325,02	365,83	
3	2 Tage	27,0	"	—	1,17	32	13,3	9,23	3,85	327,8	392,45	
4	3 "	44,0	"	—	1,14	29	12,8	7,7	3,85	289,0	329,46	
5	4 "	81,0	"	—	1,56	42	13,4	7,9	3,85	306,98	478,9	
6	4 "	94,0	"	—	1,57	43	13,23	8,15	3,85	310,64	487,7	
7	5 "	89,0	"	—	1,39	49	13,0	8,15	3,85	303,8	422,28	
8	5 "	105,0	Feldflüchter	—	1,56	53	12,95	7,95	3,85	297,93	464,77	
9	8 "	120,5	Brieftaube	—	1,71	53	13,0	7,4	3,4	272,38	465,77	
10	8 "	122,0	"	—	1,86	55	12,0	7,0	3,4	243,24	452,42	
11	9 "	118,0	"	—	1,85	61	13,46	8,3	3,85	317,54	587,45	
12	17 "	295,0	"	—	2,09	63	13,3	7,77	3,85	302,89	633,04	
13	24 "	326,5	"	—	2,62	68	12,1	7,3	3,4	251,4	658,67	
14	27 "	378,0	"	—	2,78	73	12,39	7,23	3,4	255,95	711,54	
15	28 "	378,0	"	—	2,69	84	11,54	7,54	3,07	234,97	632,07	
16a	31 "	302,2	"	—	2,99	89	13,0	7,0	3,85	278,03	831,3	
17b	31 "	268,0	"	—	3,29	96	12,4	6,3	3,46	249,12	819,6	
18	37 "	286,0	"	—	3,58	98	12,54	6,85	3,85	265,12	949,1	
19	2 Monate	260,0	Feldflüchter	♂	3,34	96	12,9	6,77	3,85	271,11	905,5	
20	2 "	307,0	"	♂	3,46	103	12,85	7,0	3,85	274,56	950,0	
21	3 "	321,0	"	♂	3,75	102	12,4	7,0	3,85	265,12	994,2	
22	3 "	338,0	"	♂	3,65	99	12,4	6,85	3,85	261,73	955,3	
23	4 "	350,0	"	♂	3,71	104	12,85	6,77	3,85	269,83	1001,0	
24	4 "	354,0	"	♂	3,52	97	12,46	7,0	3,85	266,4	937,7	
	Durchschn.				2,41	69,2	12,71	7,5	3,75		659,34	

Tabelle A.

Unterschied zwischen ♂ und ♀	Kanichen			Ratte (<i>Mus decumanus</i>)		Maus (<i>Mus musculus</i>)		Huhn	Tatbe		Grasfrosch (<i>Rana temporaria</i>)			Barsch	
	zahn	zahn × wild	wild	zahn	wild	zahn	wild		Feld- flüchter	Rasse- tauben	Dez. 1913	Febr. 1914	März 1914	Brack- wasser	Süß- wasser
a) in der Zahl der roten Blutkörperchen	0,4	0,4	0,68	0,13	0,49	0,3	0,06	0,54	-0,16	-0,09	0,053	0,113	0,154	0,02	0,16
b) in bezug auf die Gesamtzahl der Blutkörperchen des männlichen Tieres	$\frac{1}{11,6}$	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{65}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{168}$	$\frac{1}{6}$	$-\frac{1}{24}$	$-\frac{1}{42}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{9}$
a) im Hämoglobingehalt	3	1,5	0,7	-2,2	5,3	4,5	4,2	33,3	-5,6	-4,3	10	4,6	18,7	2,8	4,2
b) in bezug auf den Hämoglobingehalt des männlichen Tieres	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{144}$	$-\frac{1}{48}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{22}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{19}$	$-\frac{1}{27}$	$\frac{1}{8,2}$	$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{9}$
in der Größe der Erythrocyten	-0,13	-0,05	-0,01	-0,14	0,06	-0,01	-0,02	-0,46	0,97	-0,22	0,67	-0,61	-0,26	0,1	-0,08
	— 0,0	— 0,0	— 0,0	— 0,0	— 0,0	— 0,01	— -0,0	-0,28 0,1 0,08	0,1 -0,04 -0,02	0,48 0,0	0,01 0,0	0,01 0,0	-0,18 0,0	0,0 0,0	-0,09 0,0
a) in der Oberfläche im cbmm Blut in mm ²	23,93	32,19	56,28	-45	49,71	25,37	15,33	76,06	42,06	-29,82	65,04	78,03	112,66	11,5	33,41
b) in bezug auf die Oberfläche der Blutkörperchen des männlichen Tieres	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{20}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{60}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{22}$	$-\frac{1}{28}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{36}$	$\frac{1}{12}$

den Menschen. REINECKE fand: „Vom ersten Jahre bis zur Pubertät schwankt die Zahl um 5 Millionen, ohne daß ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Geschlechtern bemerkbar wäre, bei Erwachsenen beträgt sie bei Männern nach SÖRENSEN gegen 5,5 Millionen, bei Weibern nur gegen 5 Millionen.“ STORCH bemerkt in seiner Arbeit folgendes: „So sehen wir, daß das Blut der weiblichen Tiere im Durchschnitt ärmer an roten Blutkörperchen ist als das der Männchen.“ SCHWINGE sagt: „Es bestehen Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern in dem Sinne, daß während der Pubertät die Zahlen für das weibliche Geschlecht kleiner sind als für das männliche.“

Meine Untersuchungen beziehen sich auf Kaninchen, Ratten, Mäuse, Hühner, Tauben, Ringelnattern, Frösche und Fische (vgl. Tabelle A).

Wie aus den Tabellen 1–3 ersichtlich, ist bei jugendlichen Tieren der Geschlechtsunterschied in der untersuchten Blutbeschaffenheit noch nicht ausgeprägt, derselbe zeigt sich erst mit dem Eintritt der Geschlechtsreife.

1. Kaninchen (Tabelle 4 u. 5).

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf Haus- wie auf Wildkaninchen und auf Kreuzungen zwischen beiden. Von Hauskaninchen (Tabelle 4) wurden 11 ♂♂, 15 ♀♀ und 2 Kastraten untersucht; von Kreuzungen von Wild- und Hauskaninchen (Tabelle 5) kamen 2 ♂♂ und 2 ♀♀ zur Untersuchung; von den untersuchten Wildkaninchen lebten 4 ♂♂ und 1 ♀ seit ihrer Geburt in der Gefangenschaft; von erwachsenen Wildkaninchen untersuchte ich 3 ♂♂ und 7 ♀♀.

Geschlechtsunterschiede in der Blutbeschaffenheit sind vorhanden. Beim Wildkaninchen tritt der Unterschied besonders in der Zahl der roten Blutkörperchen in die Erscheinung: das ♂ hat 0,68 Millionen $>$ ♀, das ist $\frac{1}{11}$ der Erythrocyten des männlichen Tieres. Der Hämoglobingehalt ist beim ♂ nur geringgradig erhöht, während die Blutkörperchen der weiblichen Tiere größer sind. Die größere Oberfläche bei den ♀♀ gleicht ungefähr das Mehr an Blutkörperchen bei den ♂♂ aus.

Tabelle 4.
Blutbeschaffenheit des Hauskaninchens (11 männliche, 15 weibliche Versuchstiere, 2 Kastraten).

No.	Alter	Ge- wicht in g	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkör- perchen in Mill.	Hämo- globin- gehalt in %	Länge eines roten Blutkörperchens in μ	Breite eines roten Blutkörperchens in μ	Dicke	Oberfläche eines Erythro- cyten in μ^2	Oberfläche der Erythro- cyten im cmm in mm^2	Bemer- kungen
1	.6 Monate	1300	Silberk.	♂	6,1	83	6,24	2,4	2,4	108,16	659,85	
2	—	1550	"	♂	5,6	72	6,16	2,4	2,4	103,58	580,08	
3	5 Monate	1600	Hermelin	♂	6,53	88	5,74	2,4	2,4	93,18	608,47	
4	6 "	1690	Silberk.	♂	6,12	82	6,5	2,4	2,4	115,32	705,73	
5	4 "	1720	Albino × bl. Wiener	♂	4,92	76	6,23	2,4	2,4	107,89	530,81	
6	4 "	1750	"	♂	4,59	72	6,42	2,4	2,4	112,98	518,58	
7	8 "	2340	Widder × Hermelin	♂	6,01	76	5,84	2,4	2,4	95,77	574,8	
8	1 1/4 Jahre	2440	Russe × Silberk.	♂	5,4	80	—	—	—	—	—	
9	7 Monate	2675	Hermelin	♂	6,29	90	5,91	2,4	2,4	99,43	625,39	
10	15 "	3910	Widder	♂	5,6	72	6,3	2,4	2,4	109,79	614,83	
11	12 "	4140	"	♂	5,19	70	—	—	—	—	—	
			Durchschn.	♂	5,63	78,3	6,15	2,4	2,4	104,22	602,08	
1	5 "	1590	Hermelin	♂	5,32	73	5,92	2,4	2,4	99,64	430,05	Kastrat
2	9 "	2815	Widder × Hermelin	♂	5,21	78	6,2	2,4	2,4	107,07	556,57	Kastrat
			Durchschn.	♂	5,27	75,5	6,06	2,4	2,4	103,35	493,61	
1	6 "	1375	Hermelin	♂	5,59	83	6,48	2,4	2,4	114,76	641,5	
2	5 "	1415	Silberk.	♂	4,89	70	6,38	2,4	2,4	111,98	547,61	
3	5 "	1590	Albino × bl. Wiener	♂	4,76	73	6,26	2,4	2,4	116,86	543,6	
4	6 "	1625	Hermelin	♂	6,06	87	6,32	2,4	2,4	110,34	668,63	
5	5 "	1650	Albino × bl. Wiener	♂	4,97	68	6,02	2,4	2,4	102,27	503,27	
6	5 "	1700	"	♂	5,34	75	6,22	2,4	2,4	107,62	574,6	
7	6 "	1770	Silberk.	♂	4,94	70	6,65	2,4	2,4	119,54	590,56	
8	15 "	2340	"	♂	4,81	73	—	—	—	—	—	
9	6 "	2400	Russe × dtsh. Schecke	♂	4,82	76	6,6	2,5	2,5	118,8	569,65	
10	9 "	2865	belg. Riesenk.	♂	6,08	82	5,92	2,4	2,4	99,64	605,77	
11	9 "	3000	"	♂	5,2	74	6,08	2,4	2,4	103,85	540,05	
12	9 "	3120	"	♂	5,11	75	6,16	2,4	2,4	103,58	529,31	
13	2 1/2 Jahre	3270	deutsche Schecke	♂	4,49	65	—	—	—	—	—	
14	9 Monate	3840	belg. Riesenk.	♂	5,76	87	6,24	2,4	2,4	110,89	638,7	
15	—	5555	"	♂	5,08	71	6,3	2,4	2,4	109,79	557,72	
			Durchschnitt	♂	5,23	75,3	6,28	2,4	2,4	102,99	578,15	

Tabelle 5.

Blutbeschaffenheit: a) des domestizierten Wildkaninchens \times Hauskaninchen (4 Tiere), b) des domestizierten Wildkaninchens (5 Versuchstiere), c) des Wildkaninchens (10 Versuchstiere).

No.	Alter	Gewicht in g	Rasse	Zahl der roten Blutkörperchen in Millionen	Hämoglobingehalt in %	Länge eines roten Blutkörperchens in μ	Breite	Dicke Blutkörperchens in μ	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche des Erythrocyten in mm^2	Bemerkungen
1	8 Monate	1890	♀ Russe \times ♂ Wildk.	6,69	96	6,3		2,4	109,79	734,5	
2	"	1915	"	6,84	97	6,3		2,4	109,79	750,97	
			Durchschn.	6,77	96,5	6,3		2,4	109,79	742,74	
1	8 Monate	1673	♀ Russe \times ♂ Wildk.	6,42	96	6,37		2,4	112,54	722,5	
2	"	1835	"	6,32	94	6,33		2,4	110,54	698,6	
			Durchschn.	6,37	95	6,35		2,4	111,54	710,55	
1	5 Monate	1130	domestiziert	6,49	90	6,3		2,4	109,79	712,53	leben seit ihrer Geburt in Gefangen- schaft
2	"	1300	Wildk.	6,78	97	6,36		2,4	111,43	755,53	
3	2 Jahre	1395	"	6,8	97	6,23		2,4	107,89	733,63	
4	9 Monate	1508	"	6,42	93	6,35		2,4	111,48	714,37	
			Durchschn.	6,62	92	6,31		2,4	110,15	729,01	
1	8 Monate	1120	dom. Wildk.	6,69	96	6,3		2,4	109,79	734,5	
1	—	1480	Wildk.	7,85	106	6,0		2,4	101,74	798,62	Wildkanin- chen aus Sam- teus auf Rügen und Sommerfeld bei Stettin, in Netzen ge- fangen De- zember 1913 u. Februar 1914
2	—	1592	"	8,19	102	6,1		2,4	104,39	854,94	
3	—	1725	"	7,1	95	6,4		2,4	112,54	799,02	
			Durchschn.	7,71	101	6,17		2,4	106,22	817,53	
1	—	1223	Wildk.	6,87	95	6,4		2,4	112,54	773,14	
2	—	1420	"	6,74	97	6,15		2,4	103,83	713,33	
3	—	1473	"	7,05	102	6,2		2,4	107,07	754,87	
4	—	1522	"	6,82	98	6,32		2,4	110,34	719,4	
5	—	1545	"	7,46	102	6,15		2,4	105,83	789,53	
6	—	1564	"	7,27	102	6,29		2,4	109,52	796,2	
7	—	1580	"	7,02	106	6,36		2,4	111,43	782,28	
			Durchschn.	7,03	100,3	6,27		2,4	108,94	761,25	

2. Ratten (*Mus decumanus*) (Tabelle 6 u. 7).

Untersucht wurden von zahmen Ratten 14 ♂♂ und 15 ♀♀, von wilden Ratten 12 ♂♂ und 7 ♀♀. Bei den zahmen Ratten besteht ein geringer Unterschied in der Durchschnittszahl zugunsten des ♂ (8,52 gegen 8,39 Millionen). Der Hämoglobingehalt ist jedoch beim ♀ größer (95,5 gegen 93,3%), das auch die größeren Blutkörperchen und eine größere Oberfläche zeigt. Die Unterschiede sind jedoch so gering und viel geringer als die Schwankungen bei verschiedenen Individuen des gleichen Geschlechts, daß darauf kein besonderes Gewicht gelegt werden kann. Stärkere Unterschiede finden wir bei den wilden Ratten. Hier ist besonders der Hämoglobingehalt beim ♂ erheblich höher als beim ♀ (106,6 gegen 101,3%). Die Verhältnisse liegen hier ebenso wie beim Kaninchen, nur daß die Erythrocyten des ♂ etwas vergrößert sind.

Anmerkung: Sehr auffällig ist der bedeutende Unterschied in Blutkörperchenzahl und Hämoglobingehalt, der zwischen *Mus decumanus*, der Wanderratte, und *Mus rattus*, der Hausratte (vgl. Anhang zu Tabelle 7), besteht. 3 Stück der seltenen Hausratte erhielt ich aus Stralsund, 2 ♂♂ und 1 ♀; auf die Unterschiede im Blut beider Geschlechter ist wenig Wert zu legen, da die Zahl der untersuchten Individuen nicht ausreicht. Überaus wichtig aber sind die Unterschiede der beiden Arten. Die Wanderratte zeigt ihre überwiegende Lebenskraft, die ihr eine Verdrängung der Hausratte ermöglicht hat, deutlich auch in ihrer Blutbeschaffenheit. Die Wanderratte hat etwa 3 Millionen Blutkörperchen mehr und einen um fast 20% höheren Hämoglobingehalt.

3. Hausmaus (*Mus musculus*) (Tabelle 8).

Untersucht wurden 13 ♂♂ und 7 ♀♀ domestizierte Hausmäuse (Albinos) und 10 ♂♂ und 8 ♀♀ wilde. Auch hier zeigt sich, die Größe der roten Blutkörperchen ausgenommen, ein Mehrbetrag zugunsten des männlichen Tieres.

Aus der Zusammenstellung der untersuchten Säugetiere sieht man, daß überall die Männchen die größere Zahl an roten Blutkörperchen und die größere Oberfläche derselben im Kubikmillimeter haben. Der Hämoglobingehalt zeigt nur geringe Schwankungen. Das Weibchen besitzt meist die größeren Erythrocyten, ein Verhalten, das an die größeren Erythrocyten der noch nicht reifen Tiere erinnert; hier also, wie in manchem anderm, behält das Weibchen

jugendliche Merkmale bei. Die geringere Größe der Erythrocyten beim Männchen kann man geradezu als sekundäres Merkmal bezeichnen. Die Bevorzugung der Männchen hängt mit ihrer größeren Lebhaftigkeit auf das engste zusammen. SCHMALTZ sagt: „Die Veranlagung für den Angriff wird im jungen Männchen schon frühzeitig eine größere Neigung nicht bloß zu körperlicher Bewegung, sondern zum Messen der Kräfte an anderen erwecken, die sich mehr und mehr steigert bis zu der ausgeprägten Kampflust mit allen ihren Folgen.“ Da Muskulararbeit den meisten Sauerstoff beansprucht, so erklärt sich daraus, daß die Männchen mit dem lebhafteren Stoffwechsel die größere Zahl von Blutkörperchen und den größeren Hämoglobingehalt und mit der größeren Blutkörperchenoberfläche die größere sauerstoffbindende Fläche haben.

4. Huhn, Ente, Taube, Ringelnatter, Frösche, Barsch (Tabellen 9—12, 15).

a) Haushuhn (Tabelle 9).

Untersucht wurden 6 Hennen und 1 Hahn; es besteht ein auffallender Unterschied in der Blutbeschaffenheit zwischen beiden Geschlechtern. Das ♂ hat 3,26 Millionen Erythrocyten mit einer Oberfläche von 706,73 mm² und 99% Hämoglobingehalt, während das ♀ nur 2,72 Millionen mit einer Oberfläche von 630,67 mm² und 66% Hämoglobingehalt zeigt. Die Erythrocyten des ♂ sind kleiner. Die Zahl der untersuchten ♂♂ ist zwar gering, aber der große Unterschied und die Übereinstimmung der 6 Hennen macht dies weniger bedenklich. Der bedeutende Unterschied geht parallel mit den auch sonst großen sekundären Geschlechtsmerkmalen.

b) Hausente (Anhang zu Tabelle 9).

Untersucht wurden 2 Enten und 1 Erpel; ein merklicher Unterschied besteht, der aber wegen der geringen Anzahl als feststehend nicht angesehen werden kann.

c) Haustaube (Tabelle 10).

Zur Untersuchung gelangten 11 ♂♂ und 10 ♀♀. Die Tauben weichen von der Regel ab: das Weibchen hat nämlich ein geringes Mehr sowohl in Zahl als auch in Hämoglobingehalt.

Tabelle 6.
Blutbeschaffenheit der zahmen Wanderratte (14 männliche, 15 weibliche Versuchstiere).

No.	Alter	Ge- wicht in g	Gattung	Ge- schlecht	Zahl der roten Blutkör- perchen in Mill.	Hämo- glo- bin- gehalt in %	Länge	Breite	Dicke	Oberfläche eines Erythro- cyten in μ^2	Oberfläche der Erythro- cyten in cbmm	Be- merkungen
1	3 Monate	50	Wanderratte (<i>Mus decumanus</i>)	♂	8,97	102	5,95	2,4	2,4	100,48	901,28	zahl
2	"	94	"	♂	6,99	75	6,37	2,3	2,3	109,57	765,93	"
3	"	95	"	♂	7,47	83	6,37	2,3	2,3	109,71	819,54	"
4	4	98	"	♂	8,87	106	5,92	2,1	2,1	93,41	830,46	"
5	"	107	"	♂	7,71	85	6,25	2,3	2,3	106,47	820,84	"
6	"	124	"	♂	8,92	90	6,16	2,3	2,3	104,06	928,22	"
7	"	125	"	♂	8,53	96	6,02	2,3	2,3	100,37	856,2	"
8	"	130	"	♂	8,21	82	—	—	—	—	—	"
9	"	136	"	♂	8,92	100	—	—	—	—	—	"
10	4 1/2	139	"	♂	8,48	96	6,02	2,3	2,3	100,37	851,3	"
11	"	173	"	♂	9,22	102	—	—	—	—	—	"
12	—	210	"	♂	8,87	85	6,2	2,3	2,3	105,13	932,46	"
13	—	211	"	♂	9,04	100	—	—	—	—	—	"
14	—	243	"	♂	9,15	104	—	—	—	—	—	"
Durchschnitt					8,52	93,3	6,14	2,3	2,3	103,29	856,25	zahl
1	3 Monate	63	Wanderratte (<i>Mus decumanus</i>)	♂	7,42	82	6,16	2,4	2,4	103,58	768,6	"
2	3 1/2	64	"	♂	8,87	107	6,5	2,4	2,4	115,32	1046,6	"
3	4 1/2	81	"	♂	7,87	101	6,0	2,1	2,1	96,08	756,17	"
4	"	82	"	♂	9,05	103	6,5	2,3	2,3	113,27	1025,1	"
5	"	84	"	♂	8,51	93	6,35	2,3	2,3	109,06	928,1	"
6	5 Monate	85	"	♂	8,21	92	6,25	2,3	2,3	108,95	874,1	"
7	—	86	"	♂	8,85	96	6,3	2,3	2,3	107,81	954,14	"
8	5 Monate	88	"	♂	8,02	89	6,2	2,3	2,3	105,13	843,1	"
9	"	89	"	♂	7,97	87	6,21	2,3	2,3	105,4	840,0	"
10	—	91	"	♂	8,92	95	6,3	2,3	2,3	108,31	966,1	"
11	—	97	"	♂	8,79	95	6,42	2,3	2,3	111,08	976,36	"
12	5 Monate	118	"	♂	8,28	96	6,1	2,3	2,3	102,47	848,5	"
13	—	160	"	♂	8,2	90	6,33	2,3	2,3	108,49	889,6	"
14	—	160	"	♂	8,69	100	—	—	—	—	—	"
15	—	171	"	♂	8,2	96	—	—	—	—	—	"
Durchschnitt					8,39	95,5	6,28	2,3	2,3	107,27	901,18	zahl

Tabelle 7.

Blutbeschaffenheit der wild lebenden Wanderratte (12 männliche, 7 weibliche Versuchstiere).

No.	Alter	Gewicht in g	Gattung	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen in Mill.	Hämo- globin- gehalt in %	Länge eines roten Blutkörperchens in μ	Breite eines roten Blutkörperchens in μ	Dicke eines Ery- throcyten in μ^2	Ober- fläche eines Ery- throcyten in μ^2	Oberfläche der Ery- throcyten im cmm in mm^2	Bemer- kungen
1	—	91	Wanderratte (<i>Mus decumanus</i>)	♂	9,3	97	6,25		2,3	106,29	988,5	
2	—	113	"	♂	9,73	108	6,17		2,3	104,33	1015,1	
3	—	158	"	♂	9,84	107	6,33		2,3	108,49	1068,0	
4	—	170	"	♂	8,86	100	6,04		2,3	103,25	893,94	
5	—	195	"	♂	9,4	102	6,35		2,3	109,06	1025,2	
6	—	200	"	♂	10,5	112	6,17		2,3	104,33	1095,5	
7	—	215	"	♂	10,8	118	6,35		2,3	109,0	1177,2	
8	—	230	"	♂	9,58	104	6,33		2,3	108,49	1039,3	
9	—	234	"	♂	9,87	114	6,25		2,3	108,95	1051,0	
10	—	241	"	♂	8,85	96	6,33		2,3	108,49	960,1	
11	—	250	"	♂	8,58	106	6,3		2,3	108,31	929,3	
12	—	250	"	♂	10,66	115	6,33		2,3	108,49	1156,5	wild, in Fried- richs- hagen bei Berlin gefangen
			Durchschn.		9,83	106,6	6,25		2,3	107,29	1033,27	
1	—	92	Wanderratte (<i>Mus decumanus</i>)	♀	8,28	90	6,3		2,3	107,81	892,5	
2	—	102	"	♀	10,36	106	6,1		2,3	102,47	1061,6	
3	—	102	"	♀	10,02	109	6,34		2,3	108,76	1089,8	
4	—	145	"	♀	8,78	95	6,17		2,3	104,33	916,0	
5	—	146	"	♀	9,2	100	6,33		2,3	108,49	998,1	
6	—	193	"	♀	10,17	112	6,1		2,3	102,47	1042,1	
7	—	197	"	♀	8,6	97	6,1		2,3	102,48	881,29	
			Durchschn.		9,34	101,3	6,2		2,3	105,26	983,56	

Anhang zu Tabelle 7.

Blutbeschaffenheit der wild lebenden Hausratte (3 Versuchstiere).

1	142	Hausratte (<i>Mus rattus</i>)	♂	6,7	79	6,24	2,4	108,27	724,9	wild, in Straßburg gefangen
2	173	"	♀	6,49	78	6,42	2,4	113,04	733,05	
3	208	"	♀	7,21	96	6,35	2,3	109,06	785,76	
		Durchschn.		6,8	84,3	6,34	2,37	110,12	747,9	

Tabelle 8. Blut-
a) der zahmen Hausmaus (13 männliche, 7 weibliche Versuchstiere),

No.	Alter	Gewicht in g	Gattung	Ge- schlecht	Zahl der roten Blut- körperchen in Millionen
1	—	12,6	Hausmaus	♂	8,69
2	—	14,0	(<i>Mus musculus</i>)	♂	10,2
3	—	15,3	"	♂	9,07
4	—	15,5	"	♂	9,9
5	—	16,8	"	♂	10,18
6	—	17,0	"	♂	9,22
7	—	17,5	"	♂	10,45
8	—	19,1	"	♂	8,93
9	—	19,7	"	♂	10,8
10	—	20,5	"	♂	8,98
11	—	21,0	"	♂	8,7
12	—	21,5	"	♂	9,15
13	—	23,0	"	♂	8,93
Durchschnitt					9,48
1	—	11,7	Hausmaus	♀	8,45
2	—	16,0	(<i>Mus musculus</i>)	♀	8,67
3	—	18,4	"	♀	10,37
4	—	21,0	"	♀	8,68
5	—	22,0	"	♀	8,6
6	—	23,5	"	♀	9,5
7	—	23,6	"	♀	10,0
Durchschnitt					9,18
1	—	13,2	Hausmaus	♂	10,09
2	—	13,4	(<i>Mus musculus</i>)	♂	9,67
3	—	14,2	"	♂	10,72
4	—	14,3	"	♂	9,66
5	—	15,1	"	♂	9,95
6	—	15,3	"	♂	10,09
7	—	15,4	"	♂	10,65
8	—	15,6	"	♂	10,19
9	—	16,8	"	♂	9,72
10	—	19,8	"	♂	9,96
Durchschnitt					10,07
1	—	11,5	Hausmaus	♀	10,98
2	—	12,5	(<i>Mus musculus</i>)	♀	9,78
3	—	12,5	"	♀	9,84
4	—	13,1	"	♀	9,34
5	—	13,3	"	♀	9,28
6	—	14,0	"	♀	10,04
7	—	16,9	"	♀	10,61
8	—	20,5	"	♀	10,21
Durchschnitt					10,01

beschaffenheit:

b) der wildlebenden Hausmaus), 10 männl., 8 weibl. Versuchstiere).

Hämo- globin- gehalt in %	Länge Breite Dicke eines roten Blutkörperchens in μ	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche der Erythrocyten im cbmm in mm^2	Bemerkungen	
87	5,65	2,1	87,47	760,14	zahn (Albino)
108	5,85	2,1	92,1	939,4	
104	5,67	2,2	90,09	817,1	
110	6,06	2,2	97,56	965,9	
96	5,59	2,1	85,92	874,66	
107	5,56	2,2	86,94	801,6	
116	5,9	2,1	93,56	977,66	
97	5,97	2,1	95,22	850,3	
102	5,64	2,1	87,01	939,7	
96	—	—	—	—	
83	—	—	—	—	zahn (Albino)
100	—	—	—	—	
95	—	—	—	—	
100,1	5,77	2,13	90,65	880,72	
85	5,73	2,1	89,34	754,85	zahn (Albino)
106	5,78	2,2	92,38	800,94	
110	5,9	2,1	93,56	970,2	
88	—	—	—	—	
86	—	—	—	—	
96	5,89	2,1	93,21	885,44	
98	5,62	2,1	86,53	865,3	
95,6	5,78	2,12	91,0	855,35	
97	5,5	2,1	83,76	845,1	
99	5,7	2,1	88,54	856,72	
103	5,65	2,1	84,75	937,7	
104	—	—	—	—	
106	—	—	—	—	
110	—	—	—	—	
106	5,85	2,1	92,2	981,75	
102	5,77	2,1	90,32	920,34	
106	5,73	2,1	89,24	867,4	
107	5,87	2,1	92,68	923,1	
104	5,72	2,1	88,78	904,59	wild
98	5,6	2,1	84,38	926,48	
96	5,61	2,1	86,4	845,02	
90	5,73	2,1	89,24	878,1	
97	5,74	2,1	89,48	835,74	
102	6,11	2,1	98,9	917,8	
103	5,64	2,1	86,99	873,34	
104	5,7	2,1	88,6	940,0	
108	5,81	2,1	89,65	897,4	
99,8	5,74	2,1	91,7	889,26	

Tabelle 9.
 Blutbeschaffenheit des Haushuhns (7 Versuchstiere).
 Anhang zu Tabelle 9.
 Blutbeschaffenheit: a) der Hausente (3 Versuchstiere), b) der domestizierten Wildente.

No.	Alter in Jahren	Gewicht in g	Rasse	Ge- schlecht	Zahl der Erythrocyten in Millionen	Hämo- globin- gehalt in %	Länge eines roten Blut- körperchens in μ	Breite Dicke eines in μ	Oberfläche eines in μ^2	Oberfläch. Erythrocyten im cbmm in mm^2	Be- mer- kungen
1	1	1270	gelbe Italiener		3,02	72	11,63	6,63	3,4	689,95	
2	3	1625	"		2,72	68	11,85	6,24	3,4	612,04	
3	1	1678	"		2,98	68	11,3	6,25	3,4	640,33	
4	2	2190	"		2,42	57	12,0	6,39	3,4	558,8	
5	1	2222	Ital. \times Orpington		2,51	63	12,46	6,6	3,54	624,1	
6	1	2520	"		2,65	66	12,3	6,77	3,54	658,77	
			Durchschn.		2,72	65,7	11,92	6,48	3,45	630,67	
1	2	2295	gelbe Italiener	♂	3,26	99	11,46	6,2	3,4	706,73	
1	—	2388	Rouenente	♂	2,32	91	13,4	6,73	3,85	651,1	
2	—	2638	"	♀	2,61	108	14,23	6,46	3,85	764,75	
			Durchschn.		2,47	99,5	13,82	6,6	3,85	707,93	
1	—	2200	Pekingente	♀	2,26	86	—	—	—	—	
1	—	923	Wildente	♂	3,43	106	13,4	6,23	3,85	924,74	

Tabelle 10. Blutbeschaffenheit der Haustaube (11 männliche, 10 weibliche Versuchstiere).

No.	Alter	Gewicht in g	Rasse	Geschlecht	Zahl der Erythro- cyten in Mill.	Hämo- glo- bin- gehalt in %	Länge Breite eines roten Blutkörperchens in μ	Dicke in μ	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche der Erythro- cyten im cmm in mm ²	Be- merkung
1	—	316	Feldflüchter	♂	3,59	104	12,4	6,77	224,2	804,9	
2	—	325	"	♂	3,51	97	13,23	6,7	238,8	1047,3	
3	—	326	"	♂	4,15	106	12,54	7,06	233,42	968,5	
4	—	383	"	♂	3,61	104	13,7	6,6	284,6	1004,0	
			Durchschnitt	♂	3,72	102,8	12,98	6,78	260,25	956,2	
1	—	297	Feldflüchter	♂	3,86	112	12,15	6,63	217,09	838,0	
2	—	308	"	♂	3,85	98	12,04	6,71	217,21	836,3	
3	—	312	"	♂	4,24	116	11,54	6,62	207,38	879,3	
4	—	320	"	♂	3,88	114	13,15	6,6	272,84	1038,6	
5	—	340	"	♂	3,57	102	12,65	6,85	267,25	954,1	
			Durchschnitt	♂	3,88	108,4	12,31	6,68	236,36	913,26	
1	—	309	Pfantaube	♂	3,89	118	12,54	7,08	255,95	995,66	
2	—	380	Brieftaube	♂	3,57	118	12,0	7,0	223,46	797,75	
3	—	383	"	♂	3,26	107	11,9	6,75	216,0	704,6	
4	—	450	"	♂	3,61	114	12,15	7,0	225,83	815,25	
5	—	452	"	♂	3,34	104	12,15	7,0	236,56	790,1	
6	—	457	"	♂	3,28	106	12,23	7,0	237,91	780,33	
7	—	496	"	♂	3,77	126	12,15	7,0	225,83	851,4	
			Durchschnitt	♂	3,53	113,3	12,17	6,98	231,65	819,3	
1	—	326	Pfantaube	♀	3,49	108	13,23	6,63	260,96	910,75	
2	—	379	Brieftaube	♀	3,81	124	11,77	7,0	219,83	837,55	
3	—	389	"	♀	3,75	122	12,0	7,07	225,12	844,17	
4	—	424	"	♀	3,83	124	12,23	7,1	229,5	879,0	
5	—	471	"	♀	3,2	110	12,7	7,3	241,95	774,25	
			Durchschnitt	♀	3,62	117,6	12,39	7,02	235,47	849,12	

Tabelle 11.
Blutbeschaffenheit des Grasfrosches während des Winterschlafes (57 Versuchstiere).

No.	Gewicht in g	Gattung	Tag der Unter- suchung	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen in Millionen	Hämoglobingehalt in %	Länge eines roten Blutkörperchens in μ	Breite eines roten Blutkörperchens in μ	Dicke	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche der Erythrocyten in cm^2 in mm^2	Be- merkungen
1	23,2	<i>Rana temporaria</i>	8/12. 1913	♂	0,545	75	21,92	12,92	4,8	707,19	385,42	
2	29,2	"	9/12. "	♂	0,425	72	22,2	14,4	4,5	820,1	348,54	
3	31,7	"	8/12. "	♂	0,6	97	22,4	13,12	4,8	729,08	437,5	
4	33,2	"	10/12. "	♂	0,57	87	20,6	13,92	4,8	710,34	404,9	
5	38,0	"	9/12. "	♂	0,53	83	21,64	14,32	4,8	757,51	401,5	
6	39,8	"	10/12. "	♂	0,45	79	21,6	15,2	4,8	792,79	356,7	
			Durchschn.		0,52	82,1	21,73	13,91	4,8	732,84	369,09	
1	27,3	"	10/12. 1913	♂	0,5	74	22,77	13,7	4,8	797,3	398,65	
2	27,7	"	10/12. "	♂	0,515	75	19,52	13,52	4,8	663,49	341,7	
3	30,1	"	8/12. "	♂	0,48	70	20,96	13,44	4,8	701,51	336,73	
4	30,5	"	8/12. "	♂	0,47	69	21,28	13,24	4,8	702,48	330,13	
5	34,2	"	9/12. "	♂	0,39	60	21,6	13,6	4,8	726,46	283,32	
6	37,1	"	10/12. "	♂	0,46	88	21,4	13,68	4,8	723,98	333,04	
7	41,0	"	9/12. "	♂	0,455	69	20,6	12,84	4,8	591,88	244,76	
			Durchschn.		0,467	72,1	21,16	13,43	4,8	701,01	324,05	
1	28,7	"	27/2. 1914	♂	0,49	77	20,16	14,0	4,8	700,55	343,28	
2	30,5	"	28/2. "	♂	0,605	86	21,0	14,54	4,8	747,22	452,78	
3	30,6	"	3/3. "	♂	0,51	79	20,39	14,5	4,8	761,49	388,35	
4	33,4	"	2/3. "	♂	0,485	72	21,46	14,0	4,8	738,46	358,15	
5	34,2	"	1/3. "	♂	0,585	80	21,9	13,4	4,8	726,74	425,15	
6	38,2	"	4/3. "	♂	0,63	92	22,0	14,6	4,8	780,1	491,46	
7	42,2	"	4/3. "	♂	0,535	83	23,3	14,7	4,8	824,12	440,9	
8	43,0	"	2/3. "	♂	0,615	100	20,6	15,0	4,8	726,28	477,4	
9	43,5	"	1/3. "	♂	0,69	106	21,15	14,6	4,8	754,21	520,4	
10	47,0	"	27/2. "	♂	0,56	91	22,4	14,1	4,8	770,9	431,71	
11	48,5	"	28/2. "	♂	0,525	83	20,46	14,46	4,8	727,65	381,96	
			Durchschn.		0,566	86,3	21,35	14,35	4,8	746,15	428,26	
1	44,8	"	3/3. 1914	♂	0,385	67	21,46	14,6	4,8	748,57	289,53	
2	52,5	"	4/3. "	♂	0,445	63	21,6	14,7	4,8	772,06	343,57	
3	52,8	"	27/2. "	♂	0,475	72	21,16	13,56	4,8	712,15	338,27	
4	56,5	"	3/3. "	♂	0,46	77	22,0	14,8	4,8	788,53	362,73	
5	60,7	"	2/3. "	♂	0,48	69	21,88	14,46	4,8	770,6	369,9	
6	61,4	"	28/2. "	♂	0,475	82	22,54	13,9	4,8	837,6	397,57	
			Durchschn.		0,453	71,7	21,96	14,34	4,8	771,62	350,23	

[illegible]

Anhang zu Tabelle 11.
Blutbeschaffenheit des Wasserfrosches (6 Versuchstiere).

[illegible]

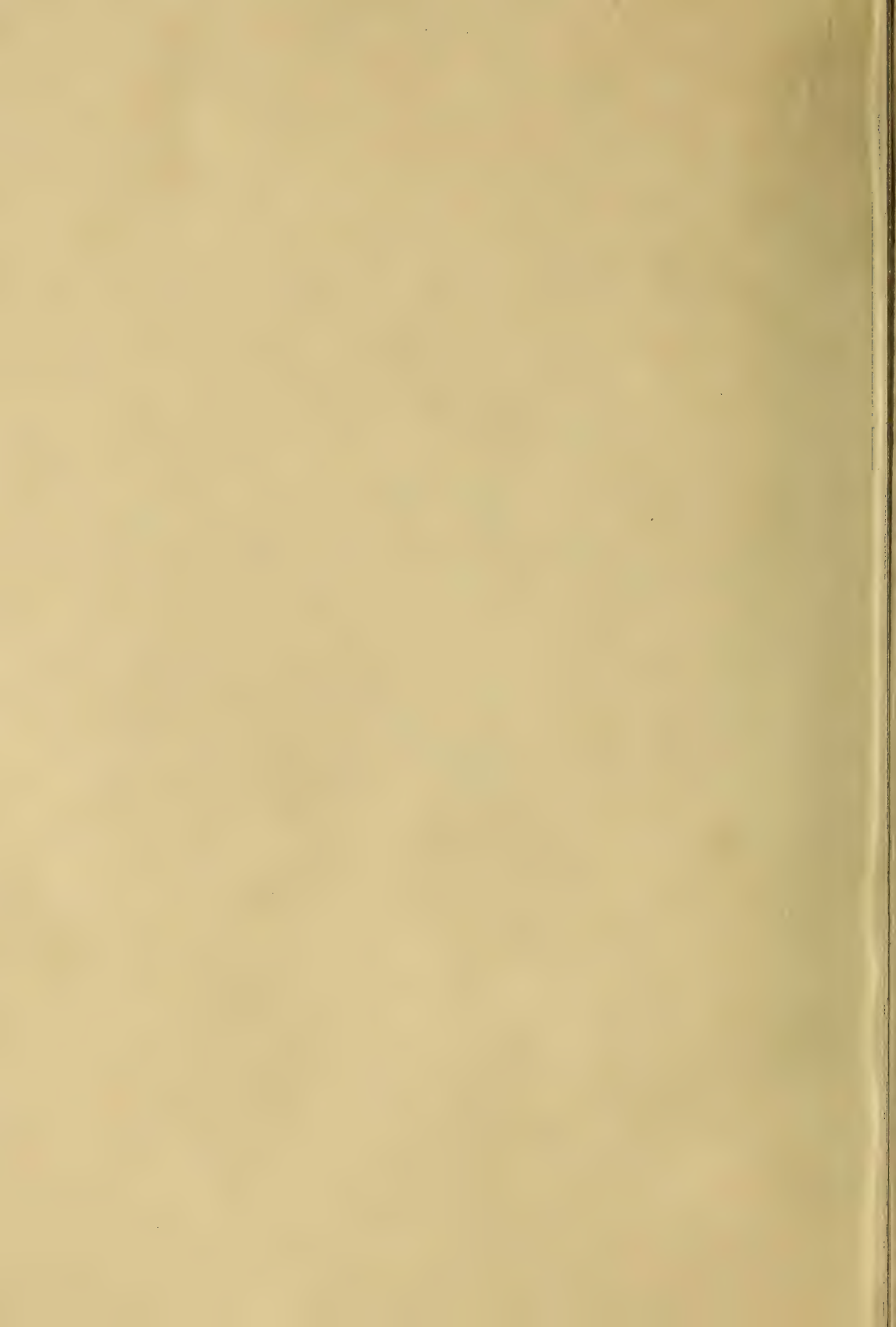


Tabelle 11.
Blutbeschaffenheit des Grasfrosches während des Winterschlafes (57 Versuchstiere).

No.	Gewicht in g	Gattung	Tag der Unter- suchung	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen in Millionen	Hämoglo- bingehalt in %	Länge Breite Dicke eines roten Blutkörperchens in μ	Ober- fläche eines Erythro- cyten in μ^2	Ober- fläche der Erythro- cyten im cbmm in mm ²	Be- merkungen
1	23,2	<i>Rana temporaria</i>	8./12. 1913	♂	0,545	75	21,92 12,92 4,8	707,19	385,42	
2	29,2	"	9./12. "	♂	0,425	72	22,2 14,4 4,8	820,1	348,54	
3	31,7	"	8./12. "	♂	0,6	97	22,4 13,12 4,8	729,08	437,5	
4	33,2	"	10./12. "	♂	0,57	87	20,6 13,92 4,8	710,34	404,9	
5	38,0	"	9. 12. "	♂	0,53	83	21,64 14,32 4,8	757,51	401,5	
6	39,8	"	10./12. "	♂	0,45	79	21,6 15,2 4,8	792,79	356,7	
			Durchschn.		0,52	82,1	21,73 13,91 4,8	752,84	389,09	
1	27,3	"	10./12. 1913	♀	0,5	74	22,77 13,7 4,8	797,3	398,65	
2	27,7	"	10./12. "	♀	0,515	75	19,52 13,52 4,8	663,49	341,7	
3	30,1	"	8./12. "	♀	0,48	70	20,96 13,44 4,8	701,51	336,73	
4	30,5	"	8./12. "	♀	0,47	69	21,28 13,24 4,8	702,48	330,13	
5	34,2	"	9./12. "	♀	0,39	60	21,6 13,6 4,8	726,46	283,32	
6	37,1	"	10./12. "	♀	0,46	88	21,4 13,68 4,8	723,98	333,04	
7	41,0	"	9. 12. "	♀	0,455	69	20,6 12,84 4,8	591,88	244,76	
			Durchschn.		0,467	72,1	21,16 13,43 4,8	701,01	324,05	
1	28,7	"	27./2. 1914	♂	0,49	77	20,16 14,0 4,8	700,55	343,28	
2	30,5	"	28./2. "	♂	0,605	86	21,0 14,54 4,8	747,22	452,8	
3	30,6	"	3./3. "	♂	0,51	79	20,39 14,5 4,8	761,49	388,35	
4	33,4	"	2./3. "	♂	0,485	72	21,46 14,0 4,8	738,46	358,15	
5	34,2	"	1./3. "	♂	0,585	80	21,9 13,4 4,8	726,74	425,15	
6	38,2	"	4./3. "	♂	0,63	92	22,0 14,6 4,8	780,1	491,46	
7	42,2	"	4./3. "	♂	0,535	83	23,3 14,7 4,8	824,12	440,9	
8	43,0	"	2./3. "	♂	0,615	100	20,6 15,0 4,8	726,28	477,4	
9	43,5	"	1./3. "	♂	0,69	106	21,15 14,6 4,8	754,21	520,4	
10	47,0	"	27./2. "	♂	0,56	91	22,4 14,1 4,8	770,9	431,71	
11	48,5	"	28./2. "	♂	0,525	83	20,46 14,46 4,8	727,65	381,96	
			Durchschn.		0,566	86,3	21,35 14,35 4,8	746,15	428,26	
1	44,8	"	3./3. 1914	♀	0,385	67	21,46 14,6 4,8	748,57	289,53	
2	52,5	"	4./3. "	♀	0,445	63	21,6 14,7 4,8	772,06	343,57	
3	52,8	"	27./2. "	♀	0,475	72	21,16 13,56 4,8	712,15	338,27	
4	56,5	"	3./3. "	♀	0,46	77	22,0 14,8 4,8	788,53	362,73	
5	60,7	"	2./3. "	♀	0,48	69	21,88 14,46 4,8	770,6	369,9	
6	61,4	"	28./2. "	♀	0,475	82	22,54 13,9 4,8	837,6	397,57	
			Durchschn.		0,453	71,7	21,96 14,34 4,8	771,62	350,23	

680

W. Lange.

1	17,5	<i>Rana temporaria</i>	21./3. 1914	♂	0,625	78	20,1	12,7	4,8	651,9	345,0	
2	20,3	"	21./3. "	♂	0,65	79	20,23	13,0	4,8	660,8	429,52	
3	23,5	"	22./3. "	♂	0,56	67	22,0	13,7	4,8	724,24	415,65	
4	25,5	"	22./3. "	♂	0,555	72	20,54	13,0	4,8	672,0	372,96	
5	26,7	"	20./3. "	♂	0,595	79	21,6	14,0	4,8	743,16	442,2	
6	26,8	"	20./3. "	♂	0,545	78	21,3	13,9	4,8	730,09	397,9	
7	29,3	"	20./3. "	♂	0,575	88	23,0	14,54	4,8	807,94	464,57	
8	30,5	"	21./3. "	♂	0,5	57	24,6	13,46	4,8	806,68	403,34	
9	32,2	"	26./3. "	♂	0,545	84	22,0	14,0	4,8	780,37	425,3	
10	39,7	"	25./3. "	♂	0,41	64	22,7	14,0	4,8	805,66	330,3	
11	41,5	"	26./3. "	♂	0,595	85	20,85	13,7	4,8	729,6	434,12	
12	42,1	"	25./3. "	♂	0,405	59	21,0	13,62	4,8	731,7	296,34	
13	43,5	"	23./3. "	♂	0,545	82	20,77	13,7	4,8	726,45	396,0	
14	46,0	"	20./3. "	♂	0,57	69	21,0	13,23	4,8	700,57	399,32	
15	50,5	"	25./3. "	♂	0,415	59	21,9	14,0	4,8	776,07	322,07	
			Durchschn.		0,528	73,3	21,57	13,7	4,8	764,8	391,6	
1	15,9	"	21./3. 1914	♀	0,41	51	20,99	12,6	4,8	711,02	291,51	
2	21,0	"	21./3. "	♀	0,425	50	20,46	13,15	4,8	675,7	287,7	
3	25,5	"	25./3. "	♀	0,36	45	20,4	14,0	4,8	724,07	260,67	
4	27,5	"	20./3. "	♀	0,435	65	20,15	14,0	4,8	700,55	305,02	
5	28,1	"	22./3. "	♀	0,375	51	21,0	14,0	4,8	725,34	272,0	
6	35,3	"	24./3. "	♀	0,295	49	23,46	14,77	4,8	832,12	245,48	
7	38,1	"	24./3. "	♀	0,28	53	22,16	14,3	4,8	797,52	216,24	
8	38,35	"	23./3. "	♀	0,365	64	23,46	14,0	4,8	797,96	291,25	
9	44,2	"	23./3. "	♀	0,435	64	21,6	14,3	4,8	755,47	328,63	
10	47,5	"	22./3. "	♀	0,375	54	22,0	14,0	4,8	754,86	283,07	
11	53,6	"	24./3. "	♀	0,355	55	23,0	14,23	4,8	794,41	282,02	
12	54,5	"	24./3. "	♀	0,375	54	23,23	13,23	4,8	757,26	283,97	
			Durchschn.		0,374	54,6	21,83	13,88	4,8	752,19	278,96	

Nach dem
Laichen

Hämoglobingehalt, Zahl und Größe der roten Blutkörperchen.

681

Anhang zu Tabelle 11.
Blutbeschaffenheit des Wasserfrosches (6 Versuchstiere).

1	30,1	<i>Rana esculenta</i>	20./4. 1914	♂	0,245	64	29,3	17,0	7,7	1406,7	340,64	
2	36,5	"	18./4. "	♂	0,23	61	28,0	14,5	7,7	1218,9	280,33	
3	40,9	"	20./4. "	♂	0,285	66	27,4	15,2	7,7	1227,9	349,95	
			Durchschn.		0,253	63,7	28,23	15,6	7,7	1284,5	323,64	
1	46,1	"	18./4. "	♀	0,24	49	30,5	17,0	7,7	1465,5	351,72	
2	55,1	"	18./4. "	♀	0,23	51	30,7	17,3	7,7	1485,4	341,63	
3	69,2	"	18./4. "	♀	0,22	51	31,1	16,54	7,7	1467,5	322,85	
			Durchschn.		0,23	50,3	30,8	16,95	7,7	1472,8	338,73	

44*

Tabelle 12. Blutbeschaffenheit des Barsches

No.	Gewicht in g	Gattung	Tag der Unter- suchung	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörper- chen in Mill.	Hämo- globin- gehalt in %
1	134	Barsch	13./4. 1914	♂	1,36	35
2	146	"	12./4. "	♂	1,52	37
3	152	"	12./4. "	♂	1,42	35
4	156	"	13./4. "	♂	1,39	34
5	165	"	13./4. "	♂	1,58	39
6	172	"	12./4. "	♂	1,46	35
7	179	"	11./4. "	♂	1,51	37
8	195	"	12./4. "	♂	1,63	38
Durchschnitt					1,484	36,3
1	124	Barsch	13./4. 1914	♀	1,29	32
2	127	"	11./4. "	♀	1,22	27
3	135	"	11./4. "	♀	1,29	33
4	136	"	13./4. "	♀	1,35	33
5	156	"	12./4. "	♀	1,24	29
6	172	"	13./4. "	♀	1,33	32
7	185	"	11./4. "	♀	1,39	35
8	210	"	12./4. "	♀	1,48	36
Durchschnitt					1,324	32,1
1	130	Barsch	9./4. 1914	♂	1,73	49
2	186	"	10./4. "	♂	1,66	42
3	212	"	9./4. "	♂	1,62	39
4	212	"	10./4. "	♂	1,68	44
5	219	"	10./4. "	♂	1,69	48
6	260	"	11./4. "	♂	1,76	56
7	308	"	10./4. "	♂	1,65	40
Durchschnitt					1,684	45,4
1	224	Barsch	10./4. 1914	♀	1,71	46
2	235	"	9./4. "	♀	1,67	42
3	250	"	9./4. "	♀	1,61	37
4	250	"	9./4. "	♀	1,68	42
5	340	"	9./4. "	♀	1,68	46
6	366	"	10./4. "	♀	1,71	50
7	425	"	9./4. "	♀	1,58	35
Durchschnitt					1,663	42,6

Anhang zu Tabelle 12. Blut-

1	830	Hecht	20./8. 1913	♂	2,01	41
2	1105	"	31./3. 1914	♂	1,96	46
Durchschnitt					1,985	43,5
1	—	Hecht	22./3. 1914	♀	1,74	30
2	—	"	20./8. 1913	♀	1,85	35
3	—	"	22./3. 1914	♀	1,9	40
Durchschnitt					1,83	35

in Brack- und Süßwasser (30 Versuchstiere).

Länge	Breite	Dicke	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche der Erythrocyten im cbmm in mm^2	Bemerkungen
eines roten Blutkörperchens in μ					
12,54	7,76	3,85	284,31	386,67	Barsche aus Süßwasser (Moorteich in Stralsund)
12,4	7,54	3,85	276,73	420,63	
12,15	7,46	3,85	269,4	382,55	
12,1	7,46	3,85	268,54	373,26	
11,62	7,23	3,85	253,32	400,25	
12,0	7,46	3,85	266,4	388,94	
11,17	7,46	3,85	260,04	392,65	
11,62	7,3	3,85	255,0	415,64	
12,02	7,46	3,85	266,72	392,57	Barsche aus Süßwasser (Moorteich in Stralsund)
12,0	7,4	3,85	265,12	342,0	
11,8	7,4	3,85	261,48	319,0	
11,7	7,4	3,85	261,48	337,3	
11,85	7,6	3,85	265,98	359,06	
12,9	7,7	3,85	291,23	361,12	
12,15	7,54	3,85	271,11	360,58	
11,85	7,54	3,85	265,12	368,5	
12,6	7,85	3,85	287,68	425,76	
12,1	7,55	3,85	271,15	359,16	Barsche aus Brackwasser (Strelasund)
13,0	7,54	3,85	289,9	501,52	
11,8	7,3	3,85	258,77	429,56	
11,7	7,0	3,85	261,0	422,63	
13,23	7,8	3,85	301,09	505,83	
12,0	7,4	3,85	265,12	448,06	
12,46	7,5	3,85	277,16	487,8	
12,4	7,3	3,85	271,54	448,04	
12,37	7,41	3,85	274,94	463,21	Barsche aus Brackwasser (Strelasund)
12,8	7,3	3,85	280,22	479,17	
13,1	7,8	3,85	297,94	457,56	
11,77	7,5	3,85	262,58	422,75	
11,6	7,8	3,85	265,12	445,4	
12,7	7,5	3,85	282,4	474,43	
11,8	7,0	3,85	252,5	431,77	
12,15	7,0	3,85	260,03	410,85	
12,27	7,41	3,85	271,25	451,7	

beschaffenheit des Hechtes (5 Versuchstiere).

12,4	7,23	3,85	270,24	529,7	Hechte aus Brackwasser (Strelasund)
—	—	—	—	—	Hechte aus Brackwasser (Strelasund)
—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—

d) Ringelnatter (Tabelle 15).

Bei den untersuchten 5 ♂♂ und 2 ♀♀ zeigt sich großer Unterschied zugunsten des weiblichen Tieres; es hat 1,55 Millionen Erythrocyten mit einer Oberfläche von 827,43 mm² und einen Hämoglobingehalt von 113 %, während das Männchen nur 1,22 Millionen roter Blutkörperchen mit einer Oberfläche von 600,23 mm² (der Unterschied von 227 mm² bedeutet $\frac{1}{4}$ der Gesamtoberfläche in der Raumeinheit) und einen Hämoglobingehalt von 84 % aufweist; die weiblichen Erythrocyten sind größer.

e) Grasfrosch und Wasserfrosch (Tabelle 11 und Anhang zu Tabelle 11).

Untersucht wurden 32 ♂♂ und 25 ♀♀ Grasfrösche und 3 ♂♂ und 3 ♀♀ Wasserfrösche. (In der Tabelle 11 ist eine Trennung der Grasfrösche nach verschiedenen Monaten erfolgt, weil später der Einfluß des Winterschlafs dargetan werden soll.) Es zeigt sich bei beiden Arten ein beträchtlicher Geschlechtsunterschied, und zwar weist das Männchen die höheren Zahlenwerte auf.

f) Barsch und Hecht (Tabelle 12 und Anhang zu Tabelle 12).

Die Untersuchungen erstrecken sich auf 15 männliche und 15 weibliche Barsche; deutlich zeigt sich ein wenn auch geringes Übergewicht des Männchens in Erythrocytenzahl und Hämoglobingehalt. Beim Hecht, von dem ich leider nur 2 ♂♂ und 3 ♀♀ untersuchen konnte, sind die Geschlechtsunterschiede in der Zahl der roten Blutkörperchen und im Hämoglobingehalt wesentlich deutlicher ausgeprägt als beim Barsch (im Durchschnitt beim ♂ 1,99 Millionen Erythrocyten und 43,5 % Hämoglobin, beim ♀ 1,83 Millionen und 35 % Hämoglobin). Die untersuchten Tiere stammen aus dem Brackwasser des Strelasundes, Zeit der Untersuchung August 1913 und März 1914.

Die **Kastration** (vgl. Tabelle 4) wirkt vermindernd auf die Zahl der roten Blutkörperchen und auf den Hämoglobingehalt, beide Werte stimmen fast vollkommen mit denen der weiblichen Tiere überein, wie ja auch der Habitus einen weiblichen Charakter annimmt; die Annahme ist daher berechtigt, daß der Stoffwechsel durch die Kastration bedeutend beeinträchtigt wird.

III. Einfluß der Schwangerschaft (Tabelle 13).

Frühere Untersuchungen:

Hinsichtlich des Einflusses der Schwangerschaft gehen die Meinungen verschiedener Untersucher ganz auffallend auseinander. COHNSTEIN fand, daß bei Schafen in der Trächtigkeit die Menge der Erythrocyten sich im entgegengesetzten Sinne wie die Hämoglobinmenge ändert. WILD sagt in seiner Zusammenfassung: „In den letzten Wochen der Gravidität findet eine leichte Zunahme an Hämoglobin, eine geringere Zunahme der Erythrocyten statt.“ DIETRICH findet deutliche Vermehrung der Erythrocyten und des Hämoglobingehalts. DUBNER u. MEYER, zitiert nach DIETRICH, stellten Sinken der Werte für Hämoglobin und Erythrocyten fest.

Meine Untersuchungen wurden an Kaninchen gemacht, deren Trächtigkeitsdauer rund 30 Tage beträgt. Ich untersuchte 8 Häsinnen und fand bei den einzelnen ein etwas verschiedenes Verhalten, so daß ich die Einzelbefunde gesondert aufführe (Tabelle 13).

Fall I. Die Zahl der Blutkörperchen ist nicht verändert; der Hämoglobingehalt steigt bis zur 2.—3. Woche, um dann nach Ablauf der 4. Trächtigkeitswoche auf 65 % (gegen 74 % bei Beginn) zu fallen; die Form der Blutkörperchen hat sich kaum verändert, die Oberfläche ist mit geringen unwesentlichen Schwankungen dieselbe geblieben.

Fall II. In der ersten Woche zeigt sich ein Ansteigen um 0,33 Millionen, dann ein Sinken um 0,2 Millionen, am Tage der Geburt wieder ein Anwachsen um 0,3 Millionen. Der Hämoglobingehalt steigt bis zum Ablauf der zweiten Woche und fällt dann wieder; am Tage der Geburt ist der ursprüngliche Gehalt wieder erreicht. Die Erythrocyten sind geringgradig vergrößert; die Oberfläche ist um 46,22 mm² im Kubikmillimeter größer geworden.

Fall III. Es zeigt sich ein Ansteigen der Blutkörperchenzahl im Kubikmillimeter um 0,7 Millionen bis zum Ablauf der ersten Woche, diese Zahl bleibt bis Ende der 4. Woche bestehen. Der Hämoglobingehalt steigt bis zur 3. Woche und fällt dann wieder. Die Blutkörperchen sind um 0,46 μ vergrößert; die Oberfläche ist um 95,46 mm² gewachsen.

Fall IV. Bis zum Ablauf der Trächtigkeit steigt die Erythrocytenzahl anhaltend von 5,05 Millionen auf 6,01; der Hämoglobingehalt wächst bis zum Ende der 2. Woche und erreicht am Tage

Tabelle 13. Blutbeschaffenheit des

No.	Alter in Monaten	Gewicht in g	Rasse	Zeit der Untersuchung	Zahl der roten Blut- körperchen in Millionen
I	6	2135	Havanna	am Tage des Belegens	5,42
		2204	"	1 Woche nach dem Belegen	5,34
		2290	"	2 Wochen " " "	5,33
		2325	"	3 " " " "	5,4
		2385	"	4 " " " "	5,34
II	7	2140	Holländer × Widder	am Tage des Belegens	5,67
		2180	"	1 Woche nach dem Belegen	6,0
		2272	"	2 Wochen " " "	5,46
		2415	"	3 " " " "	5,47
		2110	"	am Tage der Geburt	5,96
III	6	2230	Hermelin	am Tage des Belegens	4,67
		2240	"	1 Woche nach dem Belegen	5,4
		2290	"	2 Wochen " " "	4,92
		2310	"	3 " " " "	5,0
		2345	"	4 " " " "	4,98
IV	9	2077	Holländer × Widder	am Tage des Belegens	5,05
		2162	"	1 Woche nach dem Belegen	5,25
		2180	"	2 Wochen " " "	5,88
		2210	"	3 " " " "	5,93
		2005	"	am Tage der Geburt	6,01
V	7	1880	Silberk.	am Tage des Belegens	4,76
		1960	"	1 Woche nach dem Belegen	5,45
		2005	"	2 Wochen " " "	5,91
		2065	"	3 " " " "	6,11
VI	—	1870	Silberk.	am Tage des Belegens	5,78
		1870	"	1 Woche nach dem Belegen	5,51
		2145	"	2 Wochen " " "	5,34
		2185	"	3 " " " "	5,28
VII	—	1840	Holländer	am Tage des Belegens	5,1
		2125	"	1 Woche nach dem Belegen	5,6
		2278	"	2 Wochen " " "	5,58
VIII	—	1950	Holländer × Widder	am Tage des Belegens	5,81
		2035	"	1 Woche nach dem Belegen	5,68
		2115	"	2 Wochen " " "	5,81

trächtigen Hauskaninchens (8 Fälle).

Hämoglobin- gehalt in %	Länge Breite Dicke eines roten Blutkörperchens in μ	Oberfläche eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche der Erythro- cyten im cbmm in mm^2	Bemerkungen	
74	6,37	2,4	111,57	604,73	
76	6,25	2,4	108,42	579,0	
78	6,37	2,4	114,17	594,7	
78	6,33	2,4	110,61	597,3	
65	6,35	2,4	111,05	593,01	
82	6,37	2,4	111,66	633,09	
86	6,34	2,4	110,9	665,4	
88	6,48	2,4	114,76	626,5	
81	6,52	2,4	115,84	663,86	
83	6,43	2,4	113,31	675,35	
72	6,12	2,4	104,92	490,0	
78	6,12	2,4	104,92	566,57	
80	6,32	2,4	110,32	542,86	
82	6,35	2,4	111,25	556,25	
75	6,58	2,4	117,56	585,46	
72	6,54	2,4	116,44	588,0	
74	6,54	2,4	116,44	611,2	
83	6,48	2,4	114,76	674,8	
79	6,6	2,4	118,13	700,51	
73	6,6	2,4	118,13	710,51	
67	6,5	2,4	115,32	548,8	
67	6,5	2,4	115,32	628,47	
73	6,4	2,4	112,65	665,75	
83	6,23	2,4	109,52	669,14	
74	6,0	2,4	101,79	588,32	
72	6,3	2,4	109,85	605,24	
78	6,61	2,4	118,47	632,63	
81	6,56	2,4	117,0	617,76	
67	6,44	2,4	113,76	580,16	
73	6,54	2,4	116,49	652,4	
81	6,65	2,4	119,72	668,0	
79	6,5	2,4	115,37	670,33	
78	6,7	2,4	121,03	687,35	
83	6,85	2,4	125,35	728,3	

der Geburt die ursprüngliche Höhe. Die roten Blutkörperchen sind etwas, ebenso ihre Oberfläche um 122 mm^2 größer geworden.

Fall V. In der ersten Woche zeigt sich ein schwaches Ansteigen der Zahl um 0,11 Millionen, dann bis Ablauf der 3. Woche ein starkes Fallen um 1,3 Millionen. Der Hämoglobingehalt nimmt bis zur 2. Woche von 72 % auf 77 % zu und fällt dann wieder auf 69 %. Trotz bedeutender Vergrößerung des Durchmessers der roten Blutkörperchen um $0,56 \mu$ ist die Oberfläche am Ende der 3. Woche um 80 mm^2 kleiner geworden.

Fall VI. Hier zeigt sich ein stetes Fallen der Blutkörperchenzahl um 0,5 Millionen bis Ende der 3. Woche, während der Hämoglobingehalt dauernd zunimmt, und zwar in diesem Zeitraum um 7 %. Der Durchmesser der Erythrocyten ist wiederum stark vergrößert um $0,6 \mu$, ebenfalls die Oberfläche um 29 mm^2 .

Fall VII. Die Blutkörperchenzahl steigt bis zum Ende der 2. Woche um 0,48 Millionen, der Hämoglobingehalt in derselben Zeit um 14 %. Der Durchmesser der Blutkörperchen ist um $0,21 \mu$, die Oberfläche um 88 mm^2 größer geworden.

Fall VIII. Die Zahl ist kaum verändert, der Hämoglobingehalt steigt um 4 %, der Durchmesser der Erythrocyten ist um $0,35 \mu$, die Oberfläche um 58 mm^2 vergrößert.

Zusammenfassung. In allen 8 Fällen zeigt sich übereinstimmend vom Beginn der Schwangerschaft bis zur 2.—3. Woche ein Steigen des Hämoglobingehalts, dann ein Fallen bis unter die ursprüngliche Höhe; am Tage der Geburt ist diese aber wieder erreicht. Fast überall nimmt der Durchmesser der Erythrocyten zu, wie auch COHNSTEIN bei Schafen festgestellt hat. Die Blutkörperchenzahl ist dagegen großen Schwankungen unterworfen. Meist steigt sie zu Beginn; eine Norm läßt sich jedoch nicht aufstellen. So erklären sich wahrscheinlich auch die Verschiedenheiten in den Befunden früherer Untersucher.

Die Oberfläche der Erythrocyten ist meist trotz ihrer oft kleineren Zahl größer geworden; dies weist hier auf den gesteigerten Stoffwechsel während der Schwangerschaft, den SCHMALTZ ausgezeichnet schildert; er schreibt: „Es ist eine anerkannte Tatsache, daß die weiblichen Tiere in der ersten Zeit der Trächtigkeit in einen besseren Nährzustand geraten, indem ihr Appetit gesteigert ist und die Nährstoffe andererseits von dem noch kleinen Embryo nicht in gleichem Maße in Anspruch genommen werden. Der Organismus zeigt also vom Beginn der Schwangerschaft ab eine Steige-

rung des Stoffwechsels und der Leistungsfähigkeit, die sogar einen Überschuß für den mütterlichen Körper gewähren kann.“ Daraus erklärt sich ohne weiteres der steigende Hämoglobingehalt. Mit dem Ablauf der 2.—3. Trächtigkeitswoche der Kaninchen muß eine starke Abgabe des mütterlichen Hämoglobins an die Embryonen erfolgen, wodurch sekundär eine stärkere Reizung des hämoglobinbildenden Apparats hervorgerufen wird, so daß trotz dem starken Verbrauch durch den Embryo die ursprüngliche Höhe des Hämoglobingehalts nach Ablauf der Trächtigkeit wieder erreicht wird.

IV. Einfluß der Lactation (Tabelle 14).

Daß die Lactation einen günstigen Einfluß auf den Hämoglobingehalt und die Zahl der roten Blutkörperchen ausüben soll, wie WILD an Wöchnerinnen festgestellt hat, kann ich bei den untersuchten 6 säugenden Kaninchen nicht bestätigen; ich fand sogar eine bedeutende Abnahme. Der Durchschnitt von den 6 Tieren ist um 1,2 Millionen in der Zahl, 14% im Hämoglobingehalt und 64 mm² in der Oberfläche der Erythrocyten im Kubikmillimeter kleiner als der Durchschnitt der nicht säugenden Kaninchen. Die Blutkörperchen sind geringgradig, um 0,1 μ , vergrößert.

Diesen ziemlich bedeutenden Rückgang führe ich auf die Verschlechterung des Nährzustandes zurück, die natürlich je nach Zahl und Größe der saugenden Jungen, wie auch aus der Tabelle ersichtlich ist, größer oder kleiner ausfallen wird.

Anmerkung:

Anschließend möchte ich das Ergebnis der Untersuchung einer Haushenne anführen, die ich 2 Tage nach beendeter Brutperiode untersucht habe (Anhang zu Tabelle 14).

Die Zahl der roten Blutkörperchen ist um 1,18 Millionen gegen den Durchschnitt der nicht brütenden Hennen, der Hämoglobingehalt um 19,7%, die Oberfläche der Erythrocyten um 231,8 mm² kleiner geworden. Dieser ungeheure Abfall ist in erster Linie auf den stark herabgesetzten Stoffwechsel, in zweiter auf die ungenügende Ernährung zurückzuführen. Fünf Wochen später war der bedeutende Verlust wieder ergänzt.

Tabelle 14. Blutbeschaffenheit des säugenden Hauskaninchens (6 Versuchstiere).

No.	Alter	Ge- wicht in g	Rasse	Länge der Laktation	Zahl der roten Blutkör- perchen in Mill.	Hämo- globin- gehalt in %	Länge Breite eines roten Blutkörperchens in μ	Dicke eines Erythrocyten in μ^2	Oberfläche eines Erythrocyten im μ^2	Oberfläche der Erythrocyten im mm^2	Be- merkungen
1	—	1690	Holl. X Widder	sängt 20 Tage 4 Junge	5,11	67	6,52	2,4	115,94	592,43	
2	—	1908	Holländer	" 18 " 6 "	5,17	70	6,44	2,4	113,76	568,24	
3	9 Mon.	2570	Hermelin	" 6 " 3 "	5,02	75	6,16	2,4	107,92	529,41	
4	"	2380	Widder X Hermelin	" 28 " 8 "	3,39	48	6,14	2,4	107,92	357,51	
5	"	2265	Holländer	" 25 " 6 "	3,57	47	6,67	2,4	120,2	429,12	
6	—	2025	Widder	" 12 " 8 "	4,94	61	6,62	2,4	118,55	585,65	
Durchschnitt					4,033	61,3	6,42	2,4	116,05	513,73	

Anhang zu Tabelle 14. Blutbeschaffenheit eines Haushuhns nach dem Brüten.
 1 1 Jahr 1679 Italienerhuhn X 2 Tage nach dem Briten 1,54 46 13,15 6,4 3,54 259,01 398,88
 Oryngton

Tabelle 15. Blutbeschaffenheit der Ringelnatter (7 Versuchstiere).

No.	Gewicht	Gattung	Tag der Unter- suchung	Geschlecht	Zahl der roten Blutkör- perchen in Mill.	Hämoglo- bin-gehalt in %	Länge eines roten Blutkörperchens	Breite eines roten Blutkörperchens	Dicke eines Erythrocyten	Oberfläche der Erythro- cyten im ehm	Be- merkungen
1	60	Ringelnatter	23./4. 1914	♂	1,29	91	17,6	10,7	485,6	626,43	
2	72	"	23./4. "	♂	1,42	108	18,0	10,54	492,46	699,3	
3	76	"	22./4. "	♂	0,94	60	17,54	11,07	494,18	464,52	
4	79	"	22./4. "	♂	0,87	52	18,2	11,0	511,4	444,93	
5	83	"	22./4. "	♂	1,55	110	17,6	11,0	494,18	765,97	
Durchschnitt					1,216	84,2	17,79	10,86	495,56	600,23	
1	82,6	Ringelnatter	22./4. 1914	♀	1,58	118	18,0	11,5	520,15	821,43	
2	—	"	22./10. 1913	♀	1,51	108	—	—	—	—	
Durchschnitt					1,545	113	18,0	11,5	520,15	821,43	

V. Einfluß der Fortpflanzungstätigkeit beim Grasfrosch (Tabelle 11).

Der Winterschlaf übt nach den vorliegenden Ergebnissen keinen Einfluß auf die Zahl der roten Blutkörperchen und auf den Hämoglobingehalt aus, wie sich aus der Betrachtung der Zahlen von Dezember 1913 und Februar-März 1914 ergibt, wohl aber die Geschlechtstätigkeit der weiblichen Tiere in der Zeit von Anfang bis Ende März.

a) Weibchen. Die Erythrocytenzahl ist um 0,08 Millionen, also um mehr als $\frac{1}{6}$, der Hämoglobingehalt um 17% gefallen; die Oberfläche im Kubikmillimeter um 71 mm² kleiner geworden. Die Ursache dieser bedeutenden Abnahme führe ich darauf zurück, daß alle verfügbaren Stoffe des Körpers zum Aufbau der ungeheuren Zahl der Eizellen verwandt wurde. Ersatz konnte wegen des Mangels an Nahrung nicht geschaffen werden.

b) Männchen. Ähnlich verhält es sich bei den Männchen. Die Zahl der roten Blutkörperchen hat um 0,04 Millionen, etwa $\frac{1}{12}$, der Hämoglobingehalt um 13% abgenommen; die Oberfläche ist um 36 mm² kleiner geworden. Oberflächen- und Blutkörperchenzahl stimmen fast vollkommen mit den Zahlen vom Dezember überein, nur der Hämoglobingehalt hat eine Verminderung erfahren, was sich ebenfalls aus mangelnder Zufuhr an Nährstoffen bei vermehrter Abgabe erklären läßt. Auffallend ist, daß mehrere Männchen Ende März noch die hohen Hämoglobinwerte vom Februar zeigen, sei es nun, daß die Geschlechtsfunktion noch nicht eingesetzt hat, sei es, daß sie nicht betätigt werden konnte.

VI. Einfluß der Domestikation.

Zu den wichtigsten Ergebnissen meiner Untersuchungen gehören die Befunde über den Einfluß der Domestikation auf die Zahl der roten Blutkörperchen und auf den Hämoglobingehalt.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf Kaninchen, Ratten und Mäuse. Ich fand folgendes:

1. Kaninchen (Tabelle 4 und 5).

Die Versuchsreihe besteht aus zahmen Rassekaninchen, Kreuzungen von ihnen mit Wildkaninchen, Wildkaninchen, die seit früher Jugend in Gefangenschaft lebten, und aus frisch gefangenen Wild-

kaninchen. Letztere stammen teils aus der Gegend von Samtas auf Rügen, teils aus der von Sommerfeld bei Stettin, wo sie in Netzen gefangen und mir sofort nach Berlin geschickt wurden. Die übrigen Versuchstiere erhielt ich, wie schon eingangs erwähnt, aus dem reichen Bestande des Herrn Prof. BAUR.

Aus Tabelle 4 und 5 ergeben sich folgende Zahlen:

No	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobingehalt in %	Durchmesser des Erythrocyten	Oberfläche im cbmm
1	zahme	+♂	5,63 5,23	78,3 75,3	6,15 6,28	602,08 578,15
2	zahn × wild	+♂	6,77 6,37	96,5 95	6,3 6,35	742,74 710,55
3	wild (in Gefangenschaft)	+♂	6,62 6,69	92 96	6,31 6,3	729,01 734,5
4	wild	+♂	7,71 7,03	101 100,3	6,17 6,27	817,53 761,25

Der Unterschied von 1 und 4 beträgt beim Männchen in der Zahl 2,08 Millionen, das sind auf das Wildkaninchen bezogen $\frac{1}{3,7}$ der Gesamtzahl (vgl. Tabelle B) und 22,7 % im Hämoglobingehalt; die Oberfläche der Erythrocyten im Kubikmillimeter ist um 215 mm² ($\frac{1}{3,8}$ der Gesamtoberfläche) größer. Fast dieselben Unterschiede findet man beim Weibchen, 1,8 Millionen in der Erythrocytenzahl, 25 % im Hämoglobingehalt; die Oberfläche der roten Blutkörperchen ist um 183 mm² größer. In der Mitte stehen die in Gefangenschaft lebenden Wildkaninchen und die Kreuzungen von zahm und wild, die keine wesentlichen Zahlenunterschiede untereinander aufweisen; sie stehen aber in ihren Zahlenwerten den Wildkaninchen näher als den zahmen.

In der Größe der roten Blutkörperchen sind keine wesentlichen Unterschiede vorhanden.

In der folgenden Tabelle B habe ich die Zahlenunterschiede bei wilden und zahmen Tieren berechnet und diese in Verhältnis gebracht zu den Gesamtzahlenwerten sowohl der wild lebenden als auch der zahmen.

Tabelle B.

Unterschied	Kaninchen		Wanderratte		Hausmaus	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
a) in der Zahl der roten Blutkörperchen von zahm und wild lebenden Versuchstieren	2,08	1,8	1,31	0,95	0,59	0,83
b) in bezug auf die Gesamtzahl des wild lebenden Tieres	$\frac{1}{3,7}$	$\frac{1}{3,9}$	$\frac{1}{7,5}$	$\frac{1}{9,8}$	$\frac{1}{17}$	$\frac{1}{12}$
a) im Hämoglobingehalt von zahm und wild lebenden Tieren in %	22,7	25	13,3	5,8	3,9	4,2
b) in bezug auf den Hämoglobingehalt des wild lebenden Tieres	$\frac{1}{4,45}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{17,4}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{24,3}$
in der Größe der roten Blutkörperchen	0,02	0,01	0,12	-0,08	-0,05	-0,04
a) in der Oberfläche im cbmm Blut von zahmen und wild lebenden Tieren in mm ²	215,45	183,1	177,02	82,38	23,87	33,91
b) in bezug auf die Oberfläche des wild lebenden Tieres	$\frac{1}{3,79}$	$\frac{1}{4,15}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{38}$	$\frac{1}{26}$
in der Zahl der Erythrocyten von zahm und wild lebenden Tieren in bezug auf die Gesamtzahl des zahmen Tieres	$\frac{1}{2,7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6,5}$	$\frac{1}{8,9}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{11}$
im Hämoglobingehalt in bezug auf den des zahmen Tieres	$\frac{1}{3,4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{16,4}$	$\frac{1}{26}$	$\frac{1}{23}$
in der Oberfläche der Erythrocyten in bezug auf die des zahmen Tieres	$\frac{1}{2,8}$	$\frac{1}{3,1}$	$\frac{1}{4,8}$	$\frac{1}{11}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{25}$

2. Wanderratten (Tabelle 6 und 7).

Die Mehrzahl der zahmen, die alle möglichen Farbenzeichnungen aufwiesen, stellte mir Herr Prof. BAUR zur Verfügung; die wild lebenden wurden in den Vororten Berlins gefangen; selbstverständlich gelangten nur vollkommen unverletzte Tiere zur Untersuchung. Aus Tabelle 6 und 7 findet man folgende Zahlen:

No.	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobingehalt in %	Größe der Erythrocyten	Oberfläche im cbmm
1	zahn	♂	8,52	93,3	6,14	856,25
		♀	8,39	95,5	6,28	901,18
2	wild	♂	9,83	106,6	6,26	1033,27
		♀	9,34	101,29	6,2	983,56

Auch bei den Wanderratten bestehen bedeutende Zahlenunterschiede zugunsten des wild lebenden Tieres: dieselben betragen beim Männchen 1,31 Millionen in der Erythrocytenzahl, 13,3% im Hämoglobingehalt und 177 mm² in der Blutkörperchenoberfläche; beim Weibchen betragen sie 0,95 Millionen in der Zahl, 5,8% im Hämoglobingehalt und 82,38 mm² in der Oberfläche. Dagegen ist in der Größe der roten Blutkörperchen wie beim Kaninchen kein merklicher Unterschied vorhanden.

3. Hausmäuse (Tabelle 8).

Die zahmen Mäuse, durchweg Albinos, kaufte ich von einem Händler, der mir auch die wild lebenden Tiere besorgte, die ebenfalls keine Verletzungen zeigen durften.

Aus Tabelle 8 ergaben sich nachstehende Zahlen:

No.	Rasse	Geschlecht	Zahl der Erythrocyten	Hämoglobingehalt in %	Größe der roten Blutkörperchen	Oberfläche im cbmm
1	zahn	♂	9,48	100,1	5,77	880,72
		♀	9,18	95,6	5,78	855,35
2	wild	♂	10,07	104	5,72	904,59
		♀	10,01	99,8	5,74	899,26

Der Unterschied zwischen zahm und wild ist bei der Hausmaus am wenigsten ausgeprägt, immerhin ist er deutlich erkennbar. Beim Männchen beträgt er 0,59 Millionen in der Erythrocytenzahl, 4% im Hämoglobingehalt, 24 mm² in der Oberfläche zugunsten der Wildform, beim Weibchen 0,83 Millionen in der Zahl, 4% im Hämoglobingehalt und 44 mm² in der Oberfläche. Die Größe der roten Blutkörperchen ist auch hier bei Wild- und Haustier nicht verschieden.

Hinzufügen möchte ich noch das Untersuchungsergebnis von 2 Rouenenten und einer seit ihrer Geburt in Gefangenschaft lebenden Wildente (vgl. Tabelle 9, Anhang); ich führe die betreffenden Zahlen an:

No.	Rasse	Geschlecht	Zahl der roten Blutkörperchen	Hämoglobingehalt in %	Oberfläche im cbmm
1	zahn	♂	2,44	99,5	707,93
2	wild (in Gefangenschaft)	♂	3,43	106	924,74

Auch an diesem Beispiel zeigt sich der bedeutende Unterschied von zahm und wild. Leider fehlen hier die Untersuchungen an Wildenten, an deren Durchführung ich durch den Ausbruch des Krieges gehindert wurde.

Zusammenfassung:

Bei den 3 Versuchsreihen besteht in gleicher Weise ein deutlicher Unterschied in der Erythrocytenzahl, im Hämoglobingehalt und in der Oberfläche der roten Blutkörperchen, deren Größe nur unwesentliche Schwankungen zeigen, zugunsten der wild lebenden Tiere.

Am auffallendsten und stärksten ist dieser Unterschied bei den Kaninchen ausgeprägt, bei denen derselbe in der Oberflächenveränderung ungefähr $\frac{1}{4}$ der gesamten Erythrocytenoberfläche im Kubikmillimeter ausmacht. Ebenfalls deutlich bemerkbar ist der Unterschied bei wilden und zahmen Wanderratten, bei denen die Ober-

flächenvergrößerung ungefähr $\frac{1}{7}$ beträgt, während sie bei den Hausmäusen zwar auch besteht, aber gering ist, nämlich ungefähr $\frac{1}{30}$.

Durch obige Angaben ist klar bewiesen, daß die Domestikation einen auf die Blutbeschaffenheit ungünstigen Einfluß ausübt, in dem Maße, wie der Stoffwechsel sich verkleinert. Diese Veränderung tritt aber nicht sofort beim Übergang in den domestizierten Zustand ein; vielmehr erhält sich bei den Wildkaninchen, die von Geburt an in Gefangenschaft gehalten wurden, und bei den Kreuzungen von Wild- und Hauskaninchen mit größerer Wildheit und Unbändigkeit auch eine größere Blutkörperchenzahl und ein größerer Hämoglobingehalt, die zwischen Wild- und Hausform in der Mitte stehen. Ähnliches zeigt der in der Gefangenschaft gehaltene Wilderpel.

Wir sehen durch die Domestikation eine Oberflächenverkleinerung entstehen, die mit der starken Beschränkung der Bewegungsfreiheit und dem damit herabgesetzten Stoffwechsel Hand in Hand geht und wohl unbedenklich als deren Folge angesehen werden darf.

Die auffallende Verschiedenheit der Domestikationseinwirkung auf Kaninchen, Ratten und Mäuse führe ich auf folgende Ursachen zurück:

Zwischen den zahm und wild lebenden Hausmäusen ist im Stoffwechsel wenig Unterschied; beide leben in Gebäuden, so daß auch die wildlebenden den Witterungseinflüssen kaum ausgesetzt sind; die Ernährung bietet auch der wilden Hausmaus keine Schwierigkeit. In der Bewegungsfreiheit besteht natürlich bei beiden ein Unterschied, der geeignet ist, das Mehr bei der Wildform zu erklären, da stärkere Bewegung mehr Muskelarbeit und dementsprechend mehr Sauerstoff erfordert. Anders liegen schon die Verhältnisse bei der Wanderratte, die sich wild lebend meist, im Sommer fast immer, im Freien aufhält, unter mannigfachen Gefahren ihre Nahrung suchen muß und oft widrigem Wetter ausgesetzt ist; im Winter werden sie allerdings meist die menschlichen Wohnungen aufsuchen. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet kann der gewaltige Unterschied von Haus- und Wildkaninchen nicht verwundern, der sich allein schon aus der vollkommenen Beschränkung der Bewegungsfreiheit ergibt. Trotz längerer Gefangenschaft behalten die Wildkaninchen ihre unbändige Wildheit bei, die auch den Kreuzungstieren unverkennbar anhaftet.

Als eine Art Domestikationserscheinung möchte ich die verschiedene Blutzusammensetzung auffassen, die ich an Brack- und

Süßwasserbarschen festgestellt habe. Die Barsche wurden in derselben Jahreszeit in Stralsund untersucht; die Brackwasserbarsche stammen aus dem Strelasund, die Süßwasserbarsche aus dem Moor-
teich im Weichbilde Stralsunds.

Aus Tabelle 12 ergaben sich folgende Zahlen:

No.	Rasse	Geschlecht	Zahl der Erythro- cyten	Hämo- globin- gehalt in %	Größe der Erythrocyten		Oberfläche im cbmm
					Länge	Breite	
1	Süßwasserbarsche	+O O A	1,48	36,3	12,02	7,46	392,57
			1,32	32,1	12,1	7,55	359,16
2	Brackwasser- barsche	+O A	1,68	45,4	12,37	7,41	463,21
			1,66	42,6	12,27	7,41	451,7

Die Brackwasserbarsche übertreffen und zwar ziemlich bedeutend die Süßwasserformen in der Erythrocytenzahl, im Hämoglobingehalt und in der Blutkörperchenoberfläche, ein Zeichen, daß ihr Stoffwechsel größer sein muß.

Literaturverzeichnis.

- COHNSTEIN, J., 1884, Blutveränderung während der Schwangerschaft, in: Arch. ges. Phys., Vol. 34, p. 233—236.
- DIETRICH, H. A., 1898, Studien über Blutveränderungen bei Schwangeren, Gebärenden und Wöchnerinnen, in: Arch. Gynäkol., Vol. 94, p. 383 bis 401.
- OTTO, 1863, Über Blutkörperchenzählungen in den ersten Lebenstagen, Diss., Halle.
- PLESCH, J., 1909, Hämodynamische Studien, Berlin, p. 99—102.
- REINECKE, W., 1889, Über Blutkörperchenzählungen, Inaug.-Diss., Halle.
- SCHMALTZ, R., 1912, Geschlechtsleben der Haussäugetiere, Berlin.
- SCHWINGE, W., 1898, Untersuchungen über den Hämoglobingehalt und die Zahl der roten und weißen Blutkörperchen in den verschiedenen menschlichen Lebensaltern unter physiologischen Bedingungen, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 73, p. 299—338.
- STORCH, 1910, Untersuchungen über den Blutkörperchengehalt, Karlsruhe.
- SUSTSCHOWA, N., 1910, Untersuchungen über den Einfluß des Geschlechts und der Kastration auf die Zahl der roten Blutkörperchen und den Hämoglobingehalt bei Rindern, Schweinen und Schafen, in: Arch. Anat. Physiol., Jg. 1910, p. 97—112.
- WILD, M., 1897, Untersuchungen über den Hämoglobingehalt und die Anzahl der roten und weißen Blutkörperchen bei Schwangeren und Wöchnerinnen, in: Arch. Gynäkol., Vol. 93, p. 363.

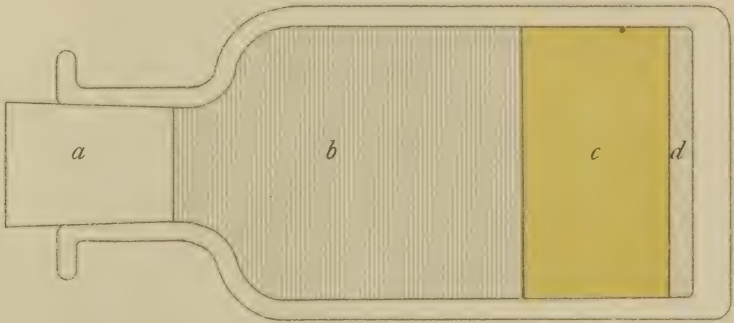


Fig. 2.

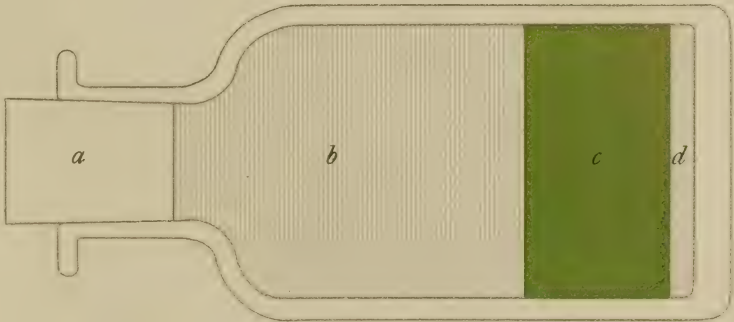


Fig. 1.

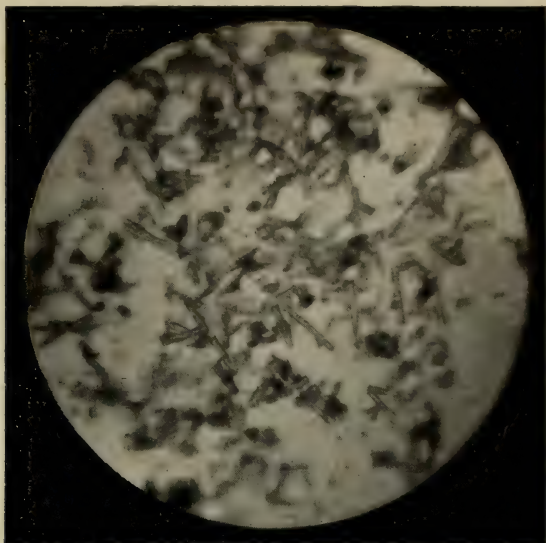


Fig. 3.

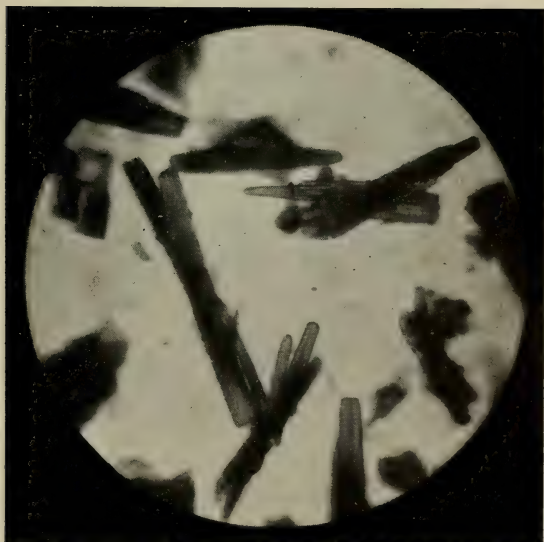
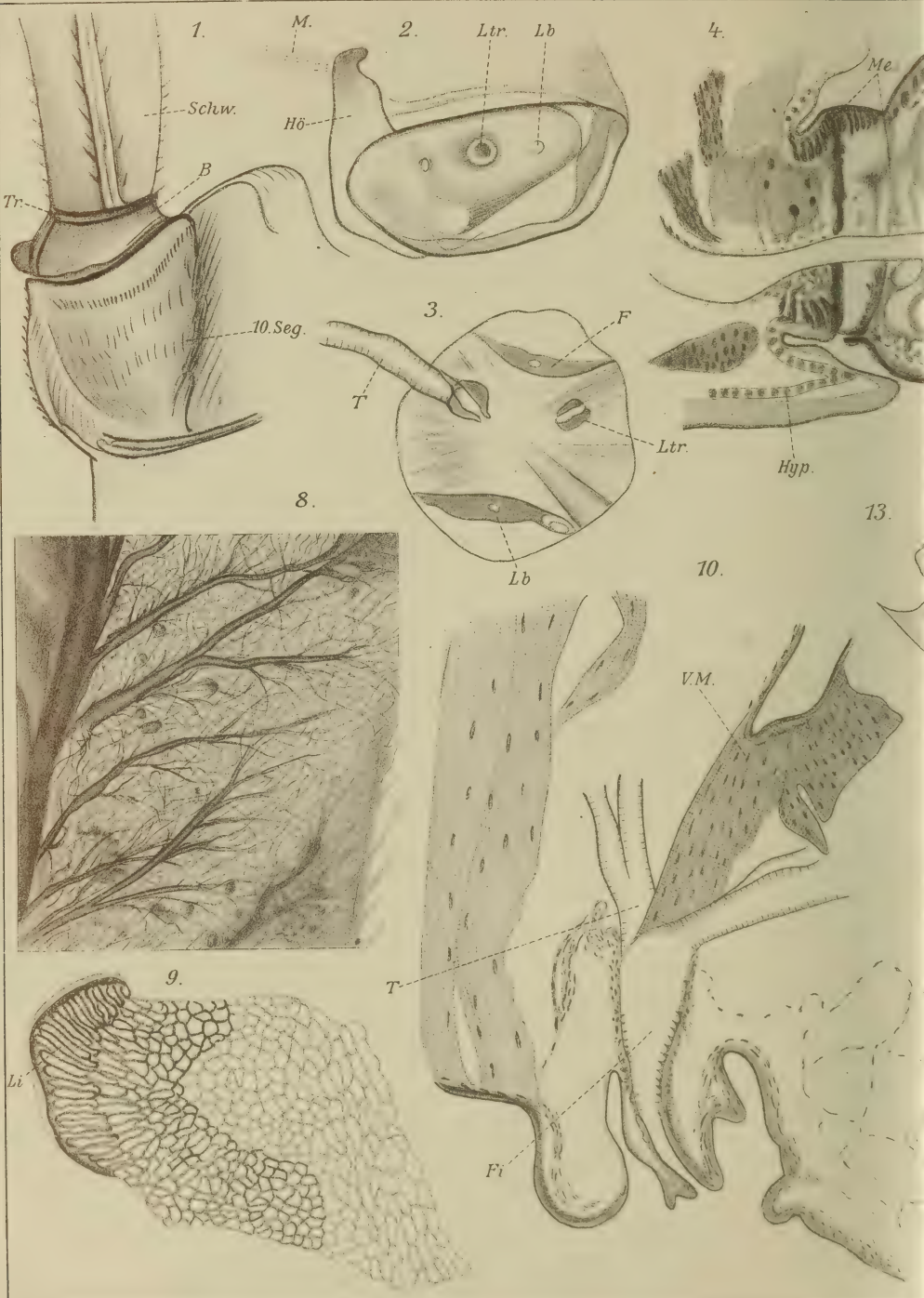
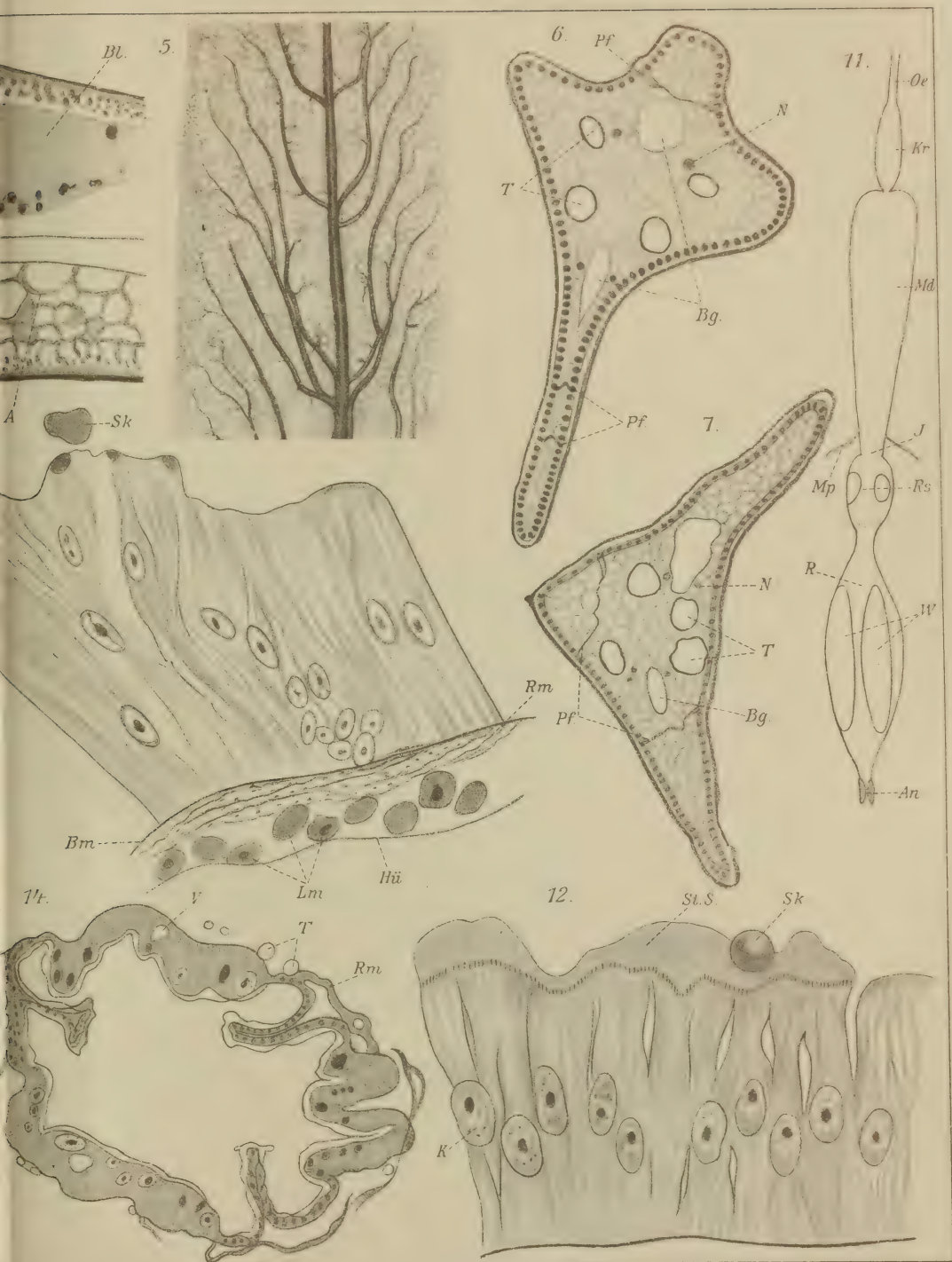


Fig. 4.



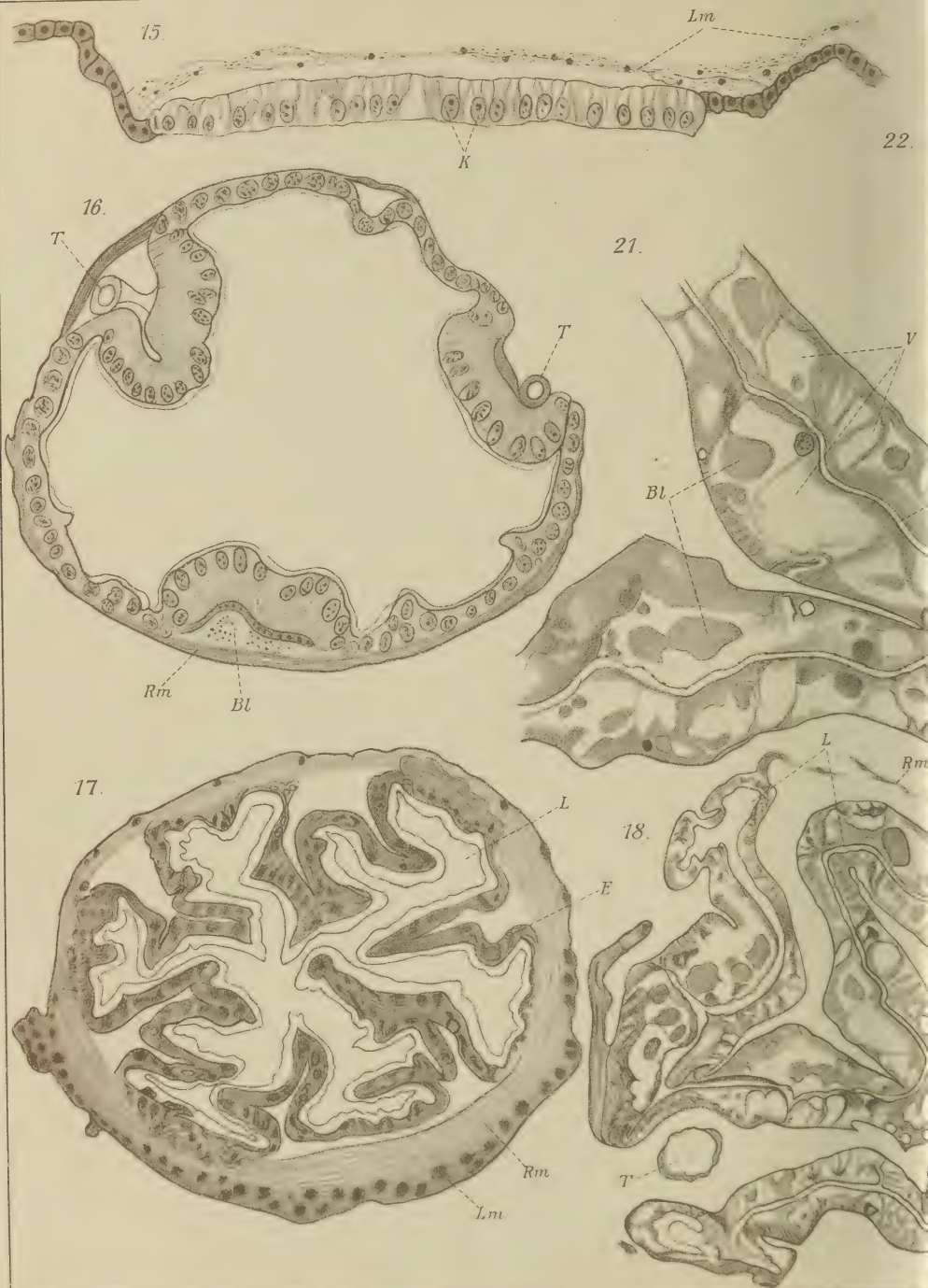


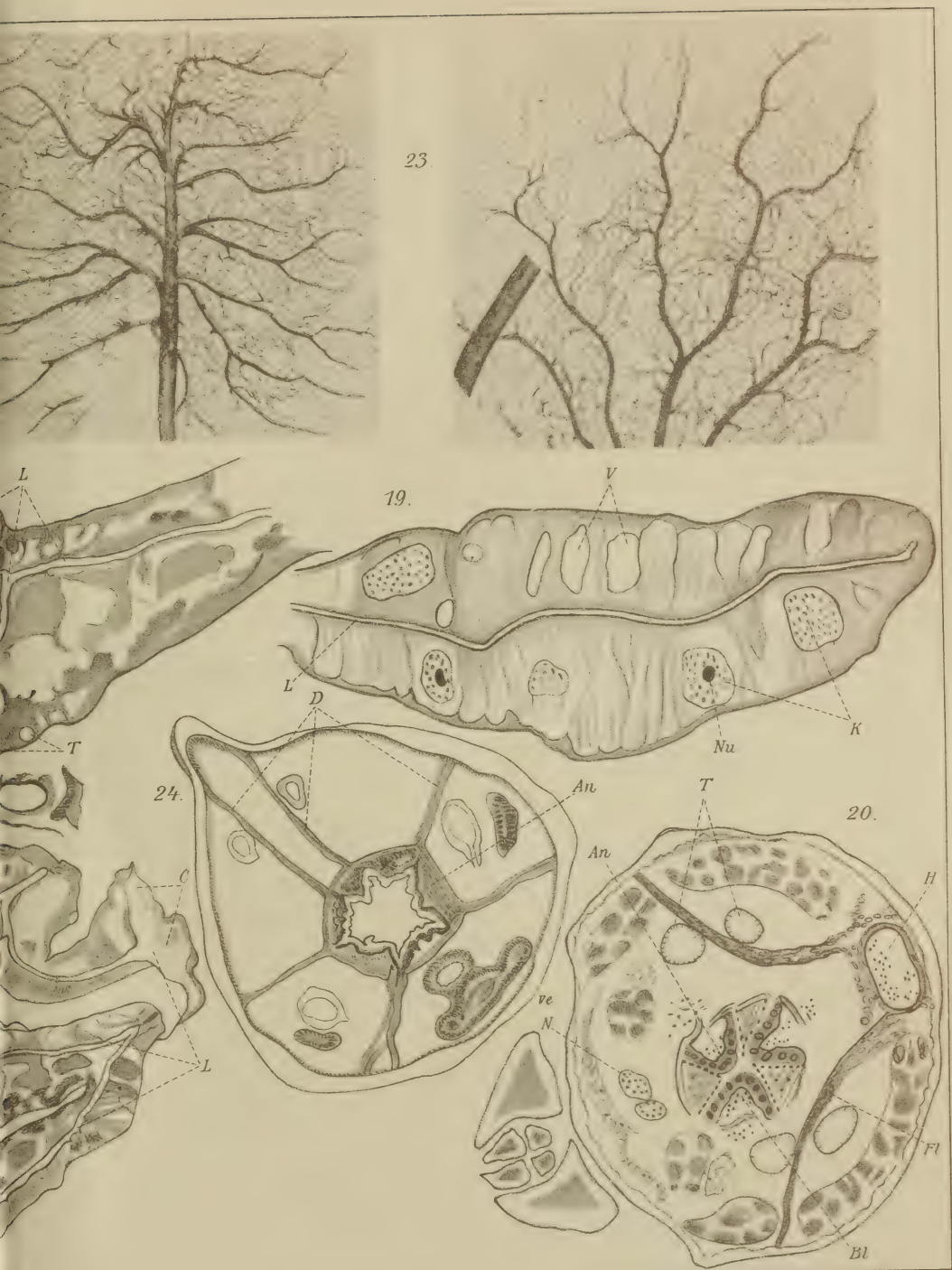


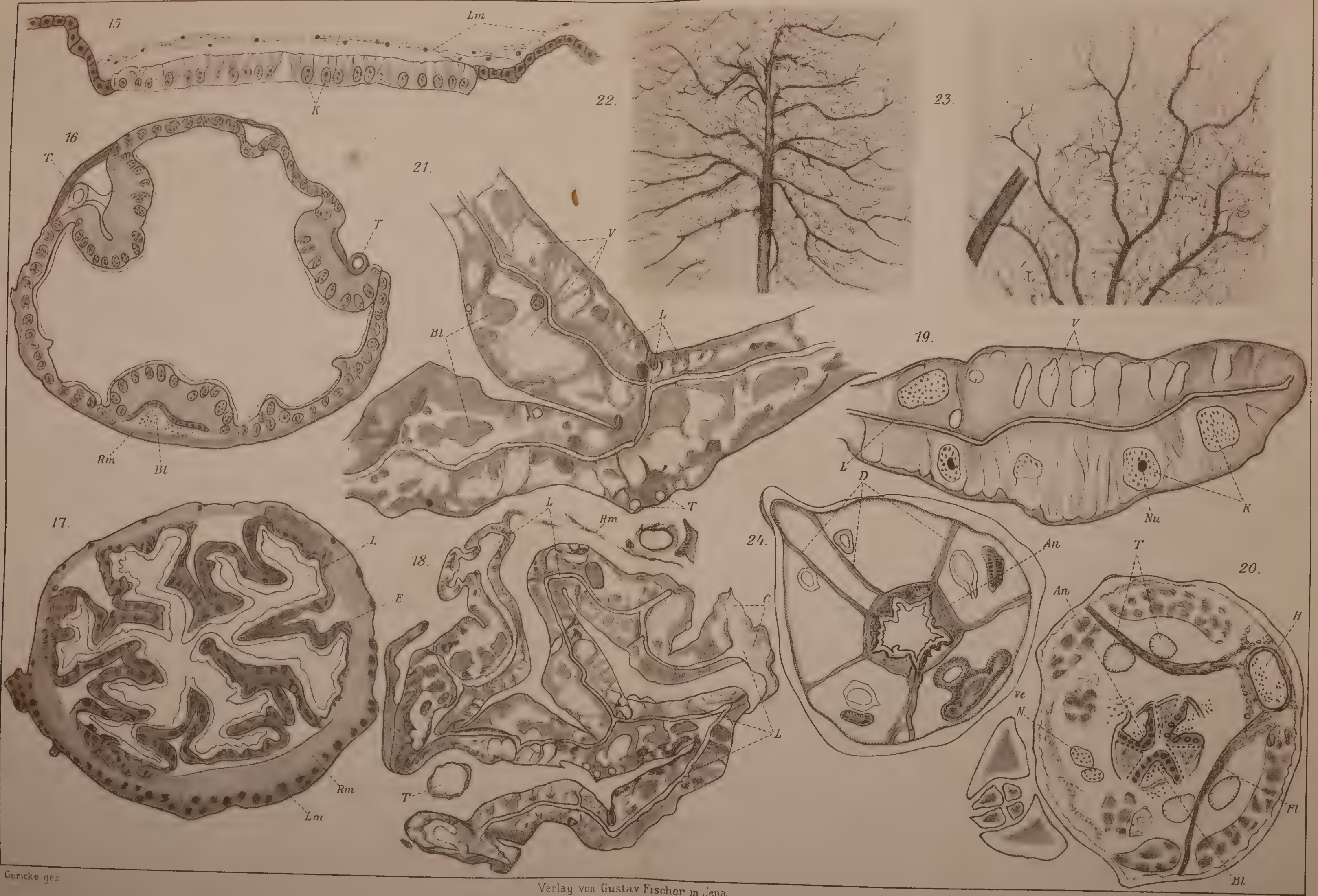
Gericke gez.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.



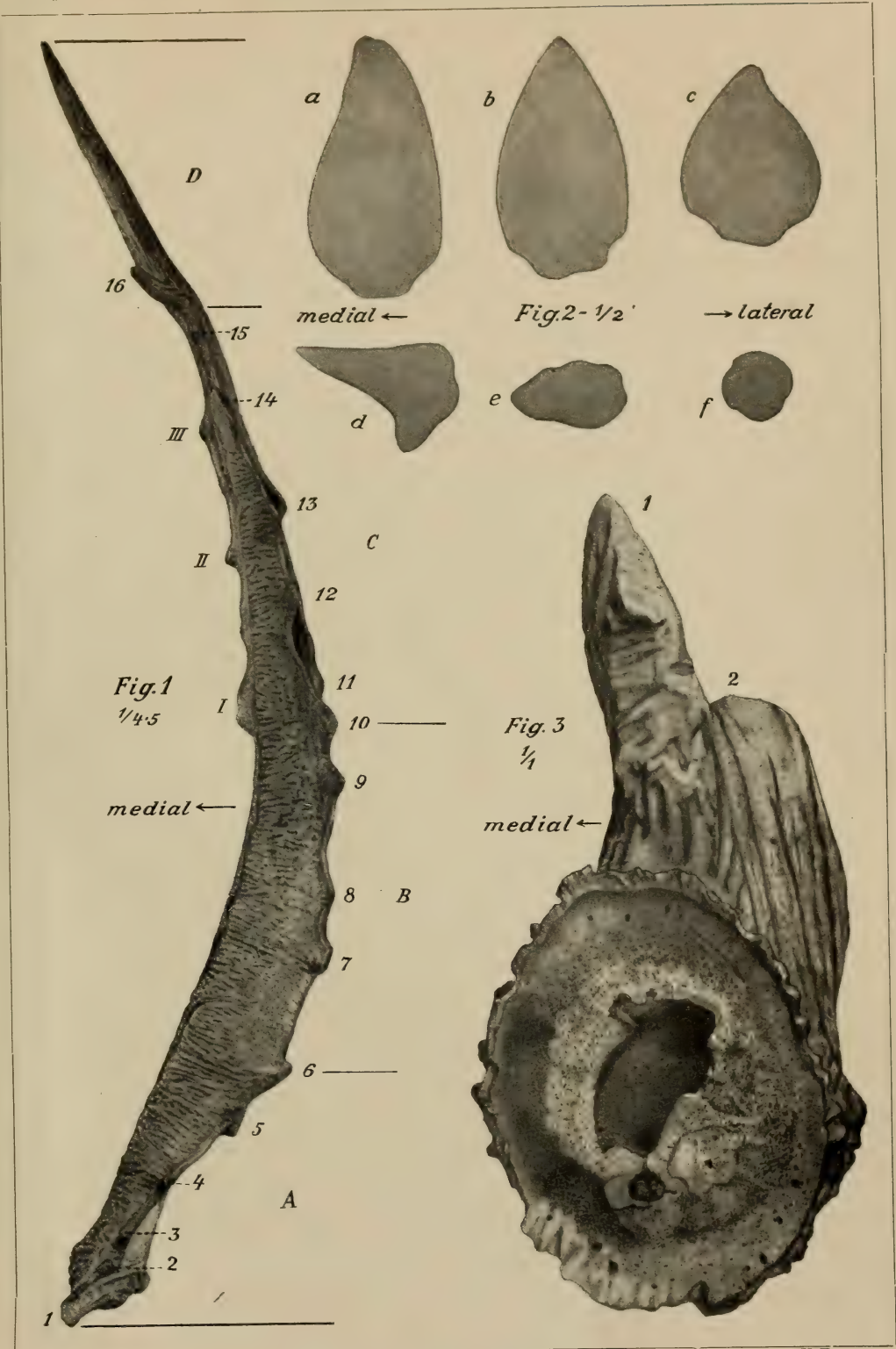




Gercke gez

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Lith. Anst. v. Johannes Arndt, Jena.



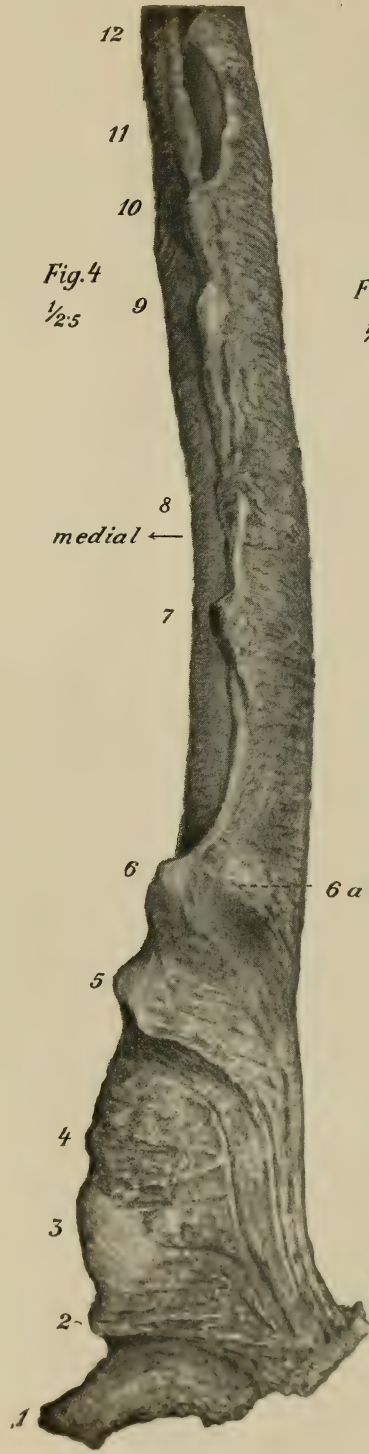


Fig. 4
 $\frac{1}{2.5}$

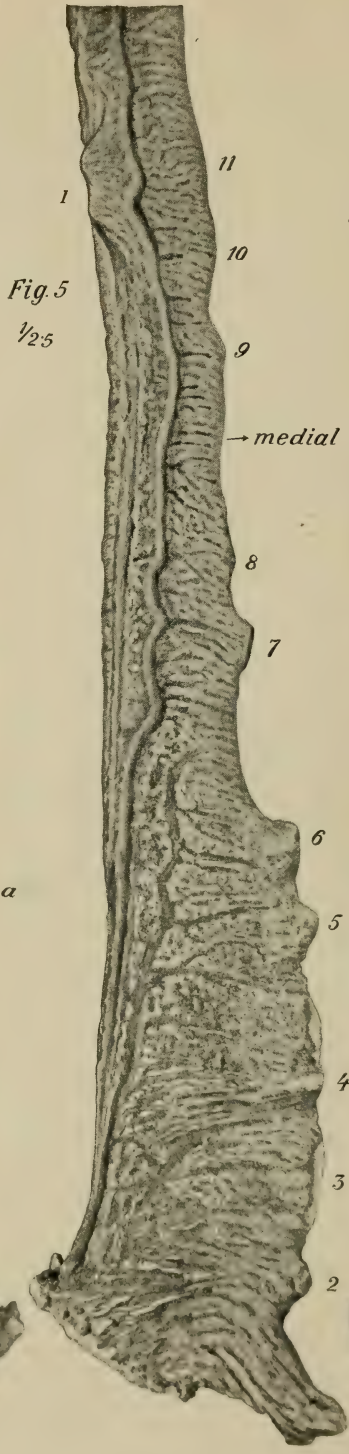


Fig. 5
 $\frac{1}{2.5}$



Fig. 6
 $\frac{1}{2.5}$

I

Fig.7
 $\frac{1}{2.5}$
medial ←



Fig.8
 $\frac{1}{3}$
vorne ←

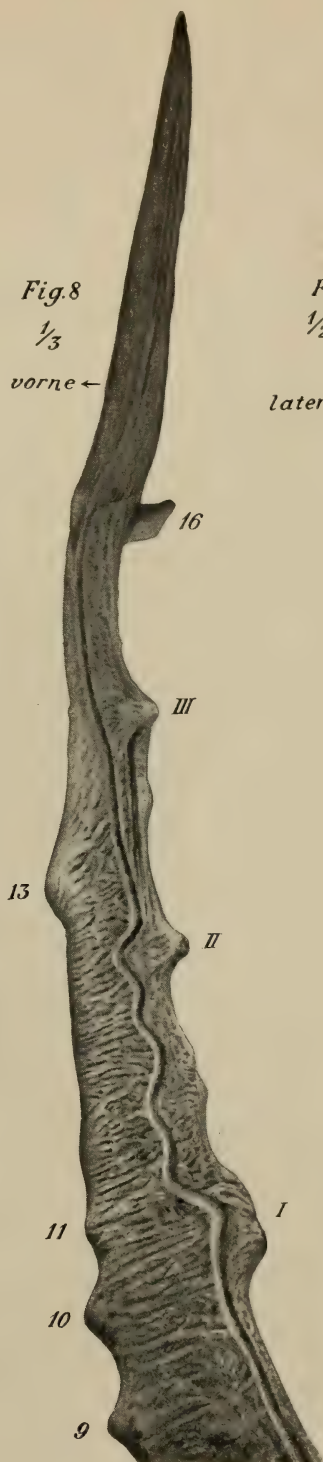


Fig.9
 $\frac{1}{2.5}$
lateral ←





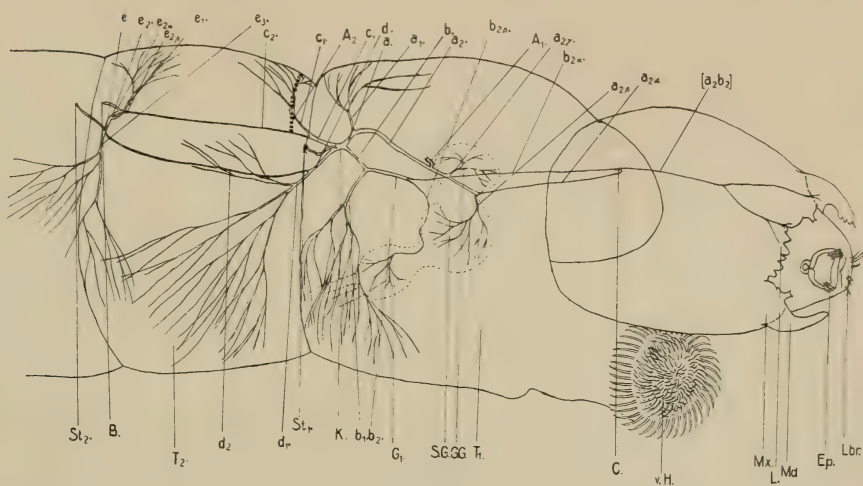
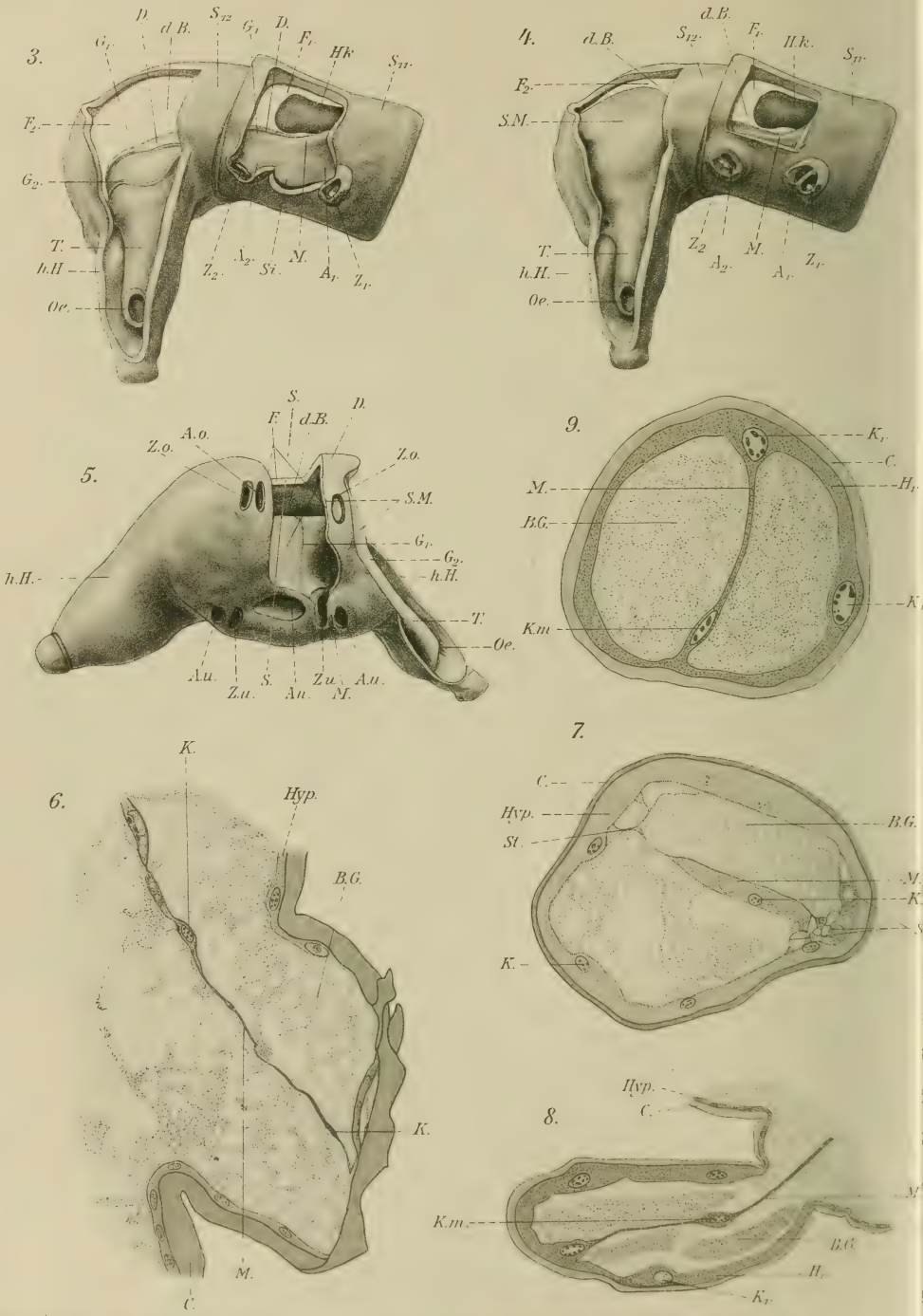


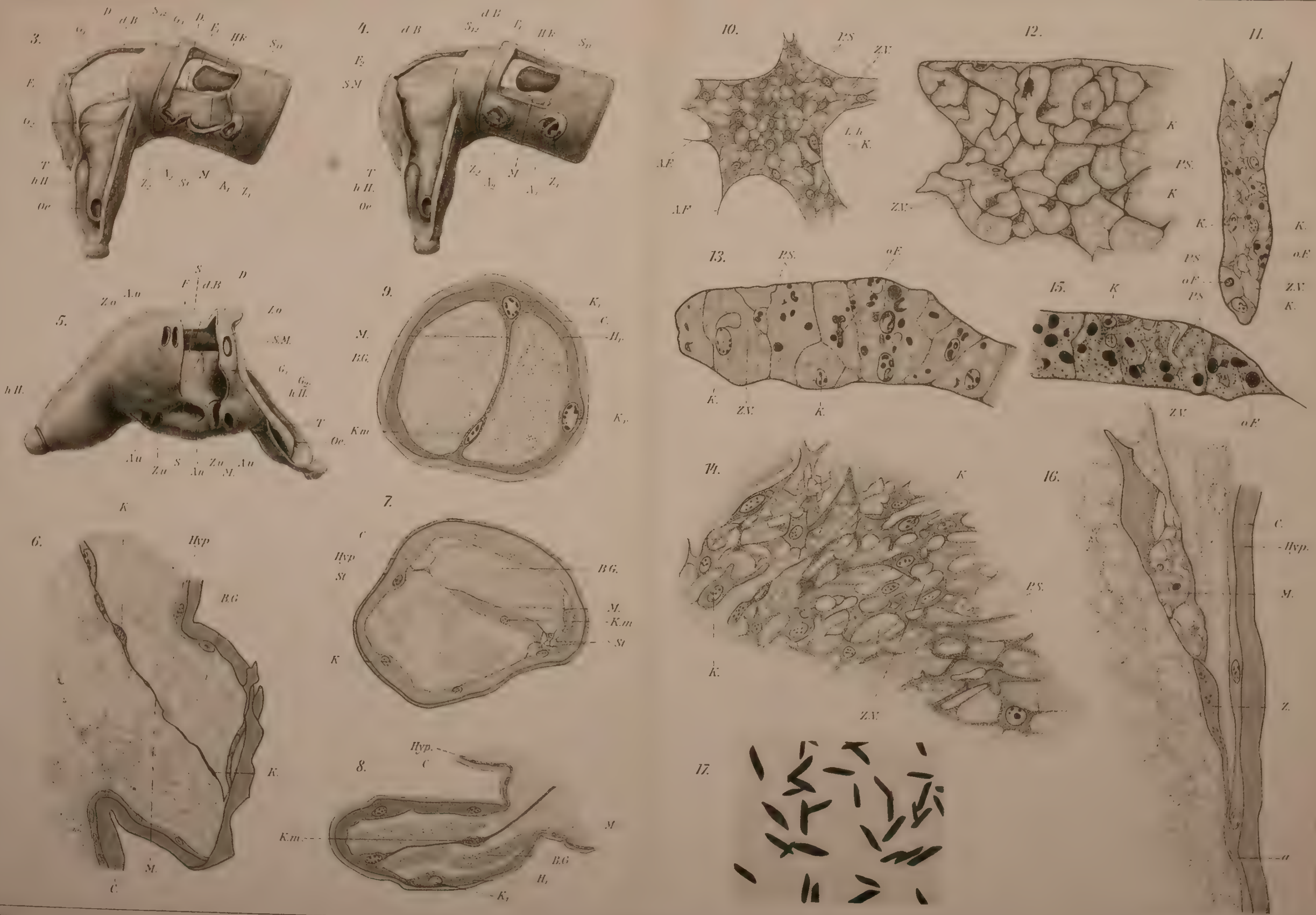
Fig. 1.



Fig. 2.







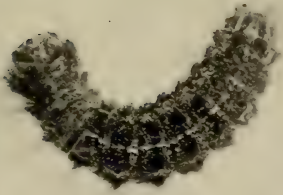


Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



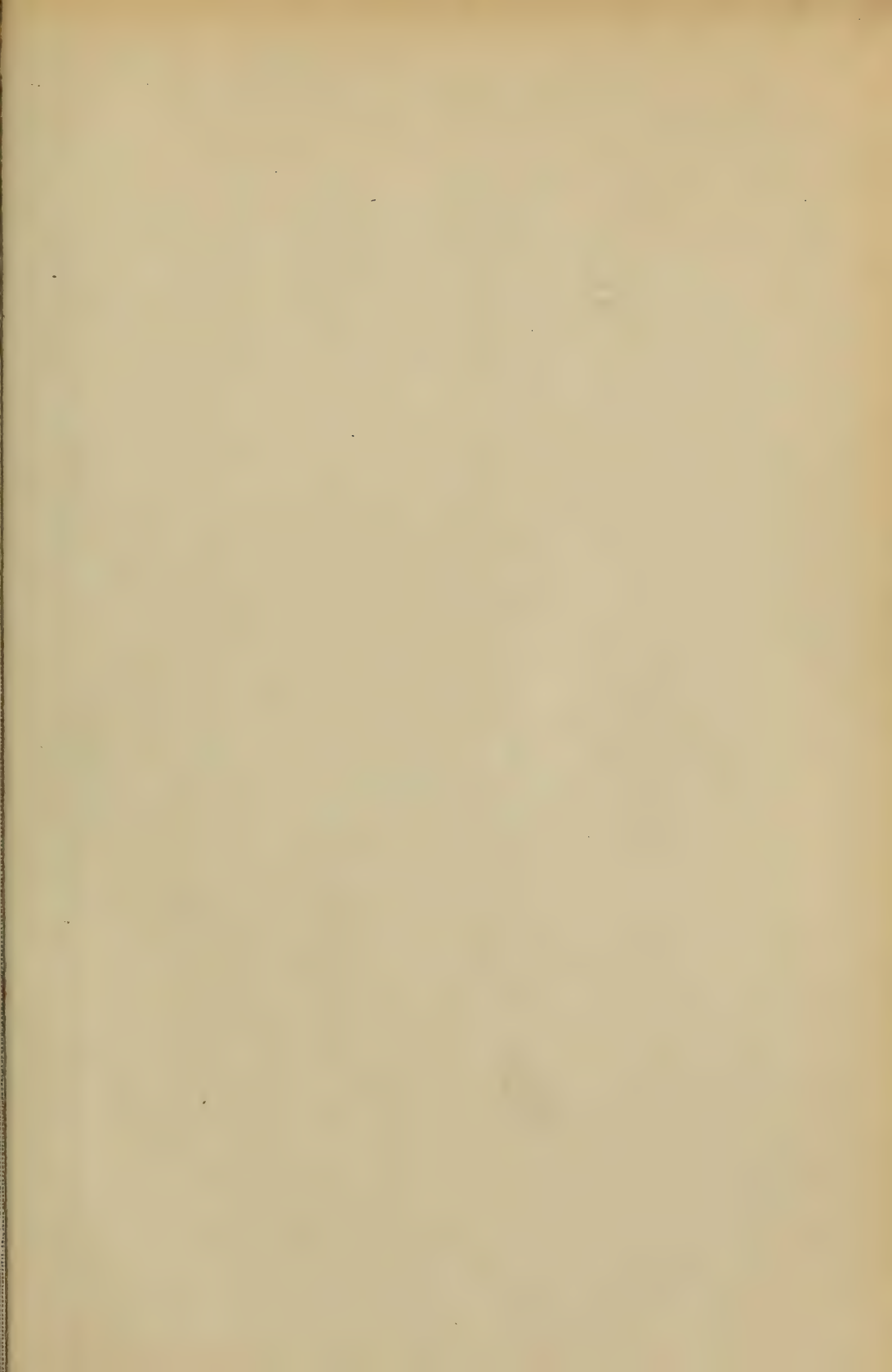
Fig. 4.

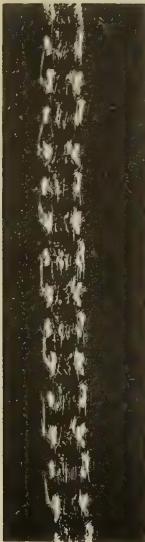


Fig. 5.

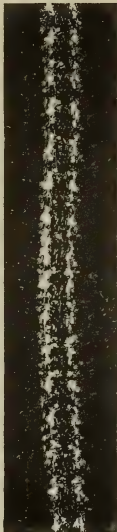


Fig. 6.





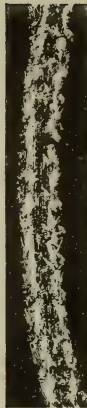
7



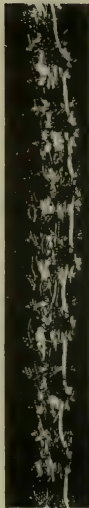
8



9



10



11



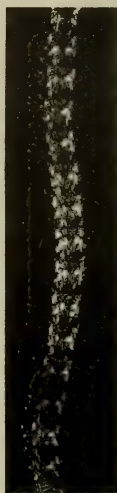
18



19



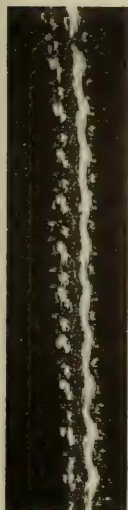
20



21



22



12



13



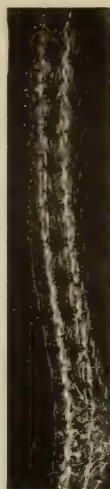
14



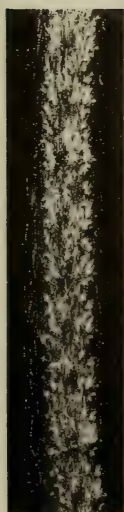
15



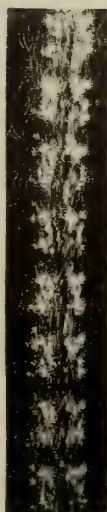
16



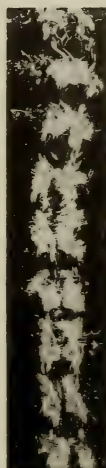
17



23



24



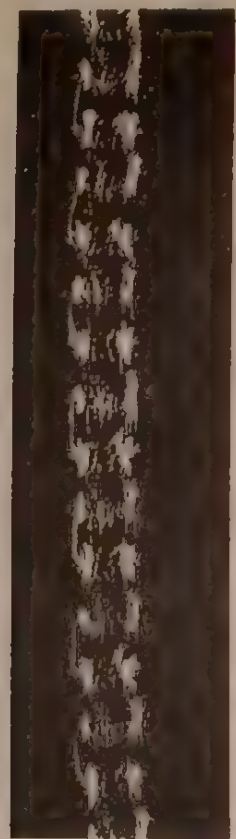
25



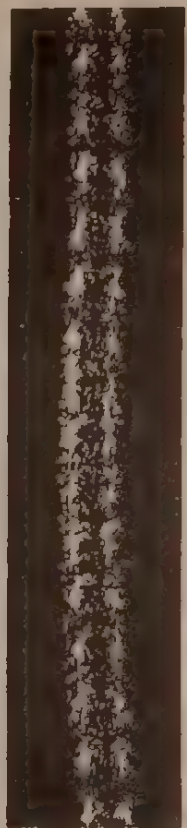
26



27



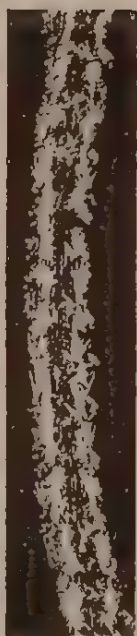
7



8



9



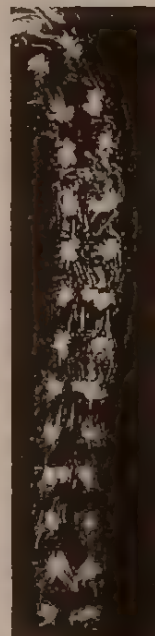
10



11



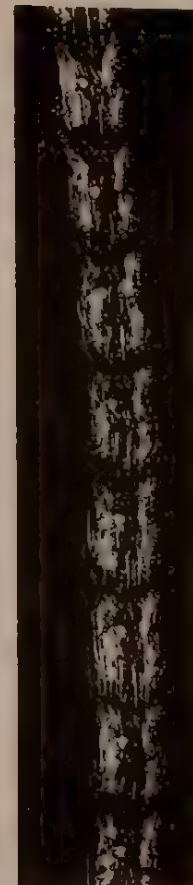
12



13



14



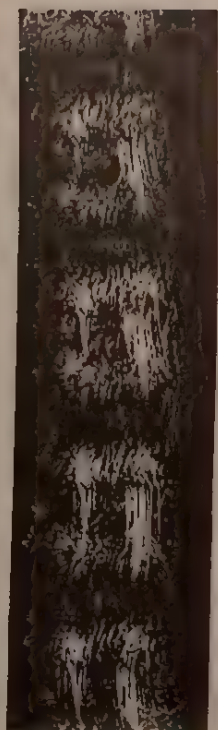
15



16



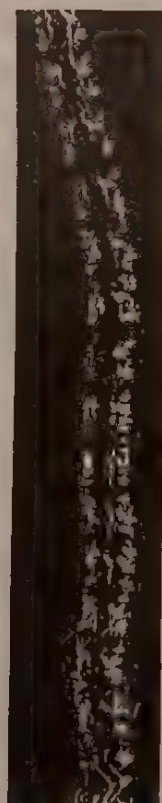
17



18



19



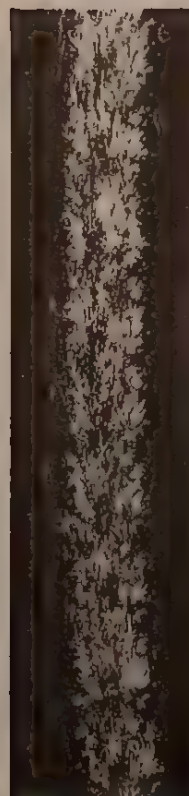
20



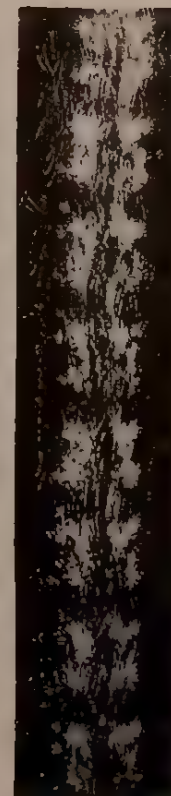
21



22



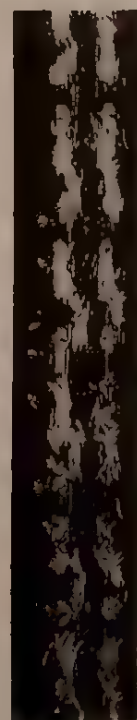
23



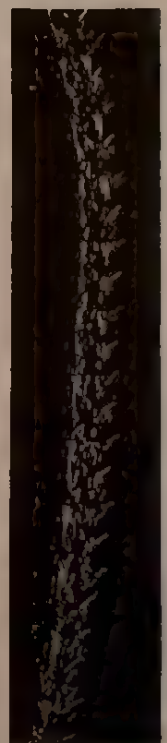
24



25



26



27





28



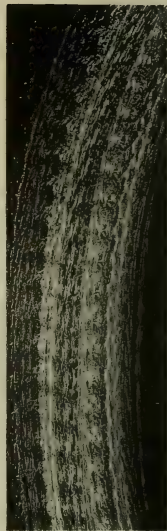
29



30



31



32



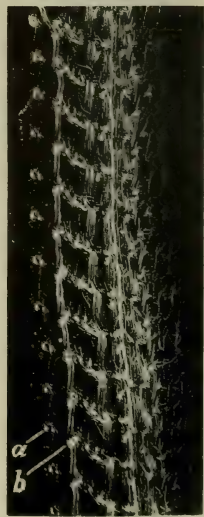
37



38



39



40



33



34



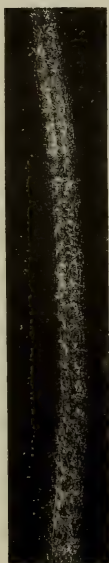
35



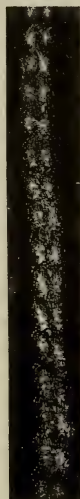
36



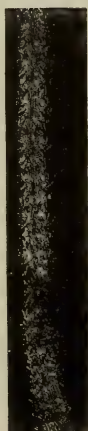
41



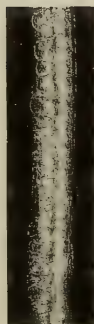
42



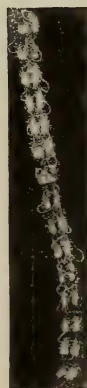
43



44



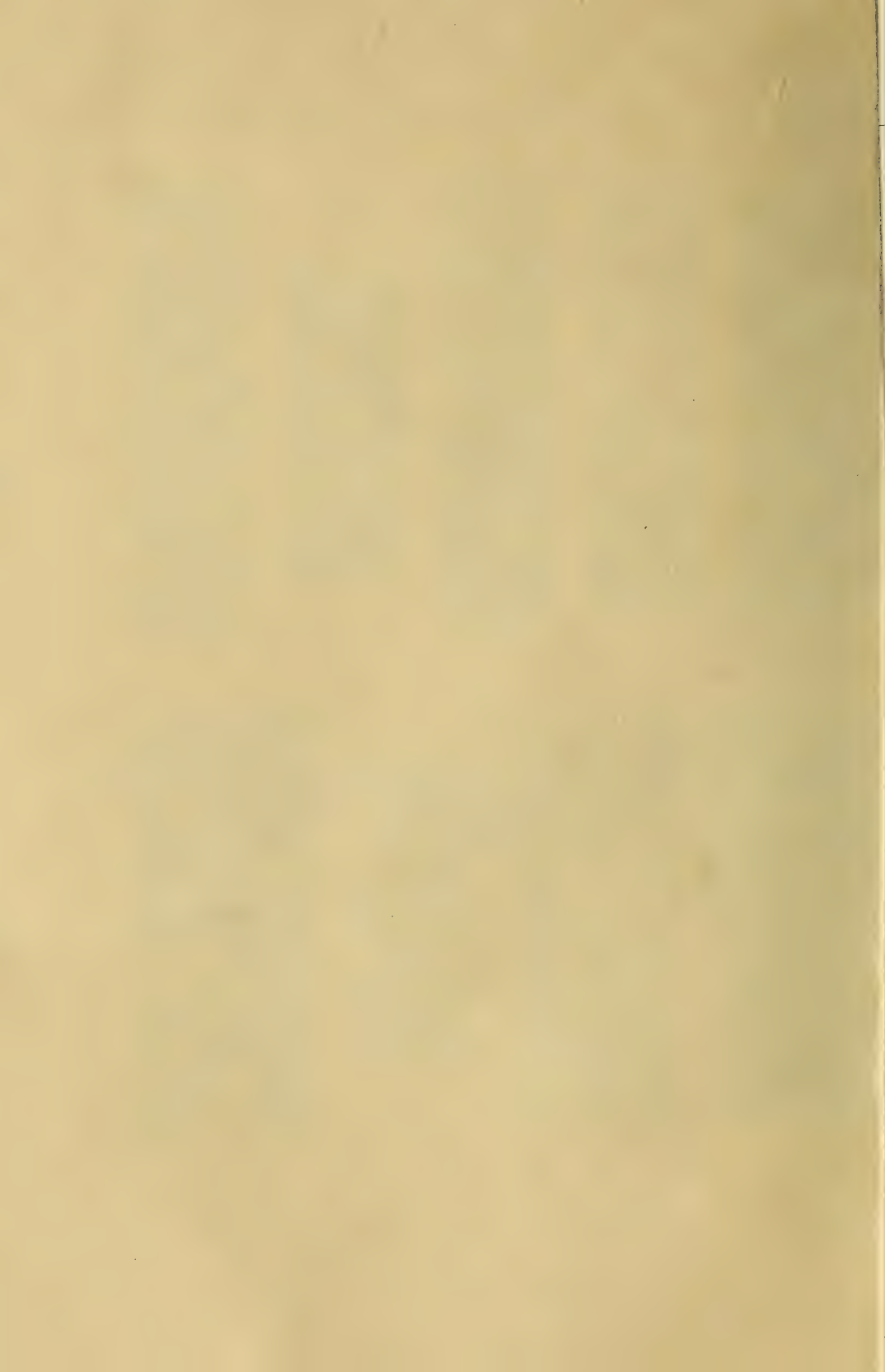
45



46

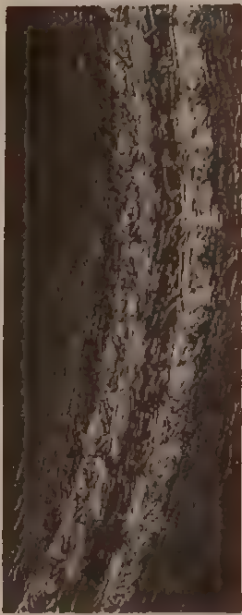


47





28



29



30



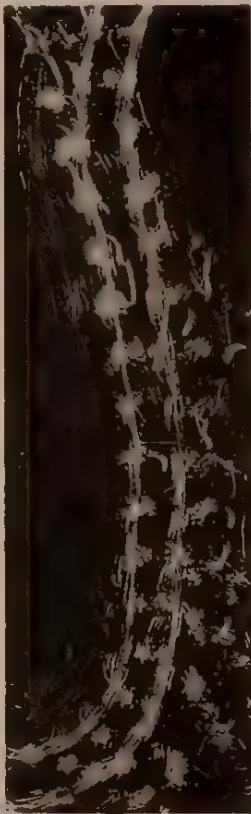
31



32



33



34



35



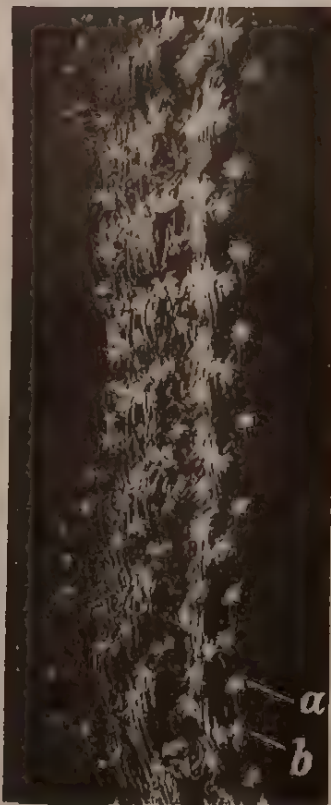
36



37



38



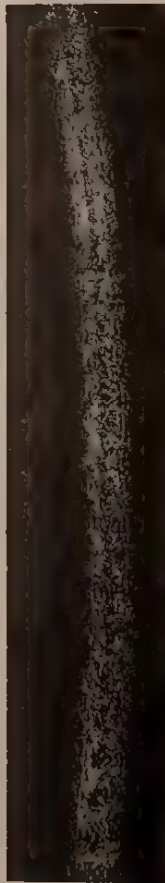
39



40



41



42



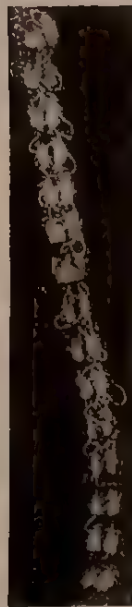
43



44



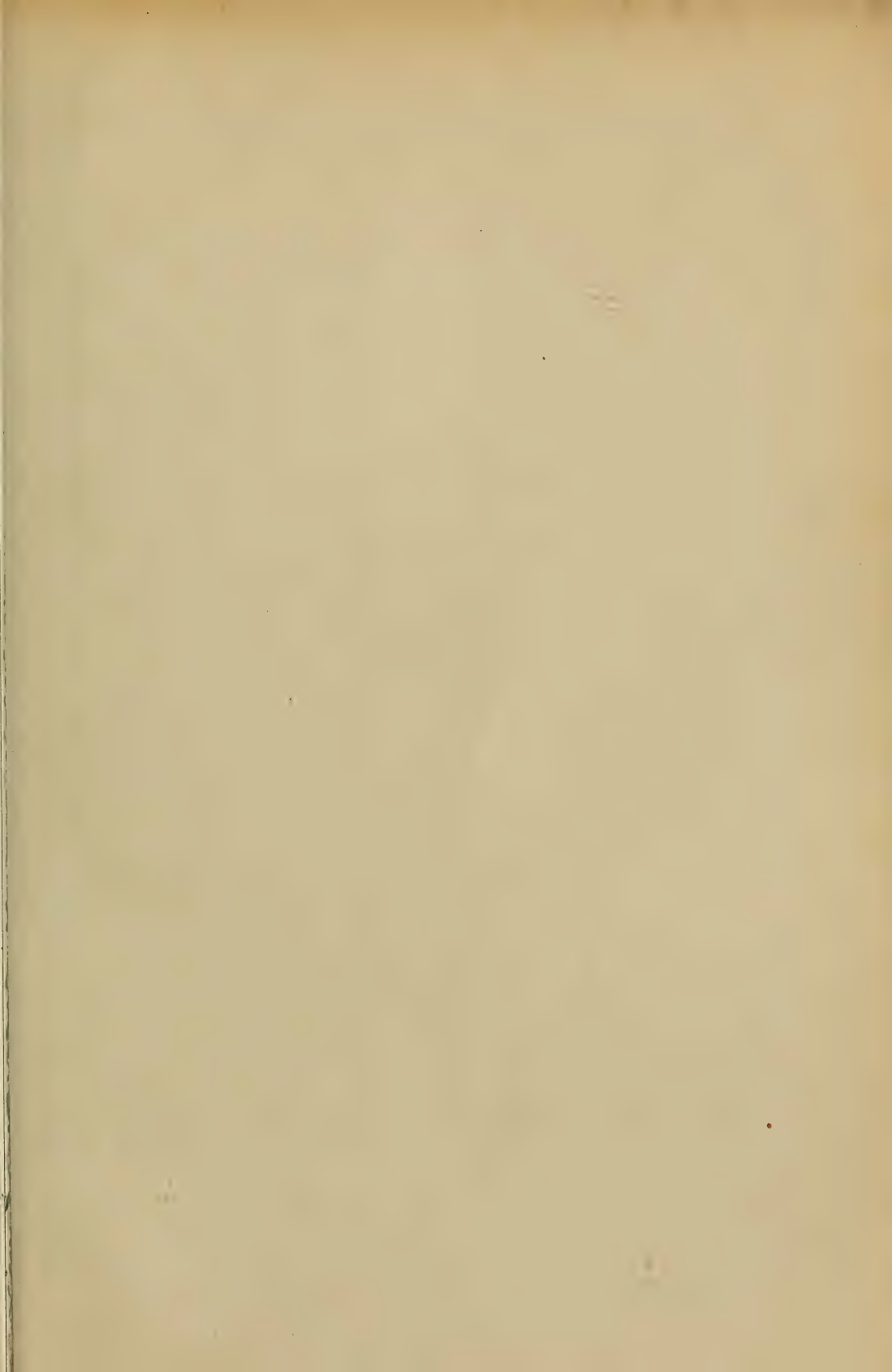
45

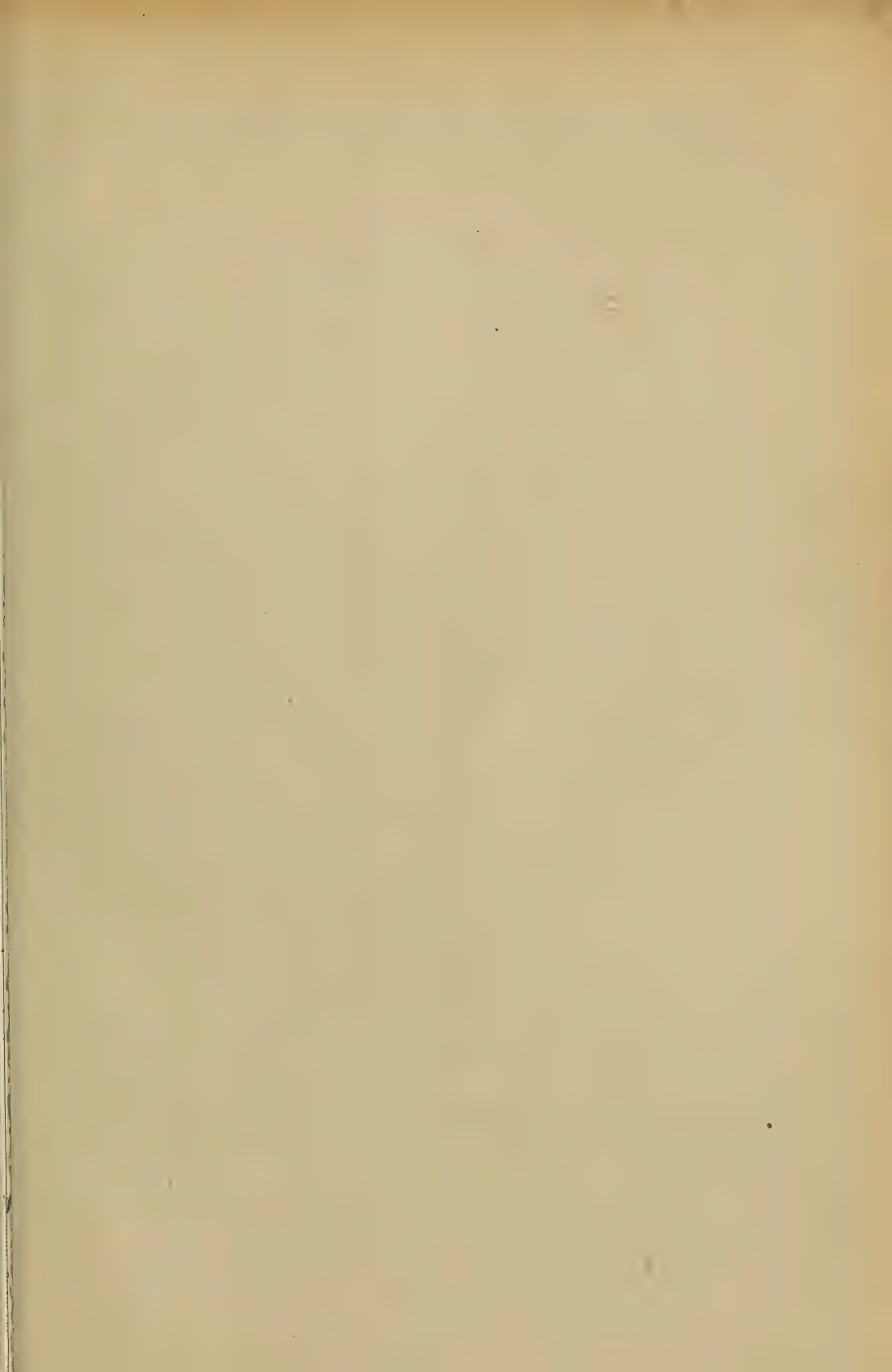


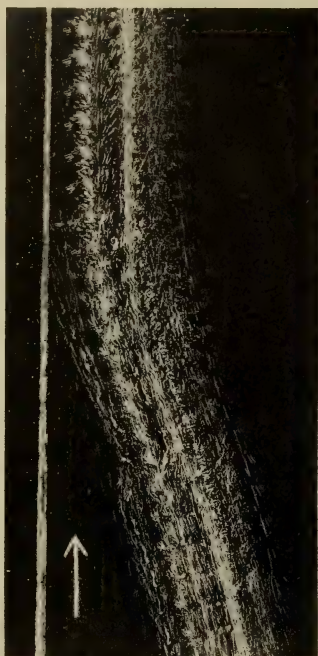
46



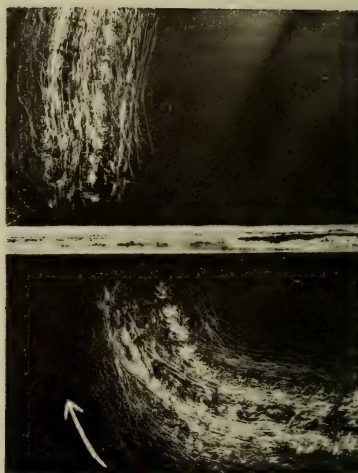
47







48



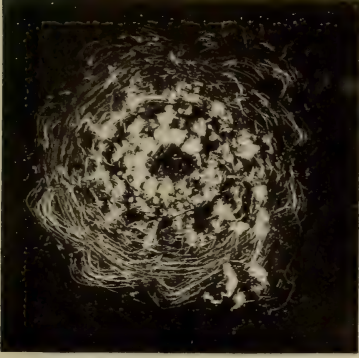
49



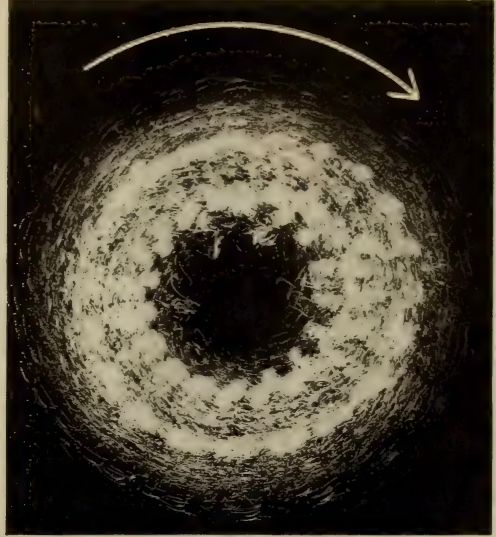
52



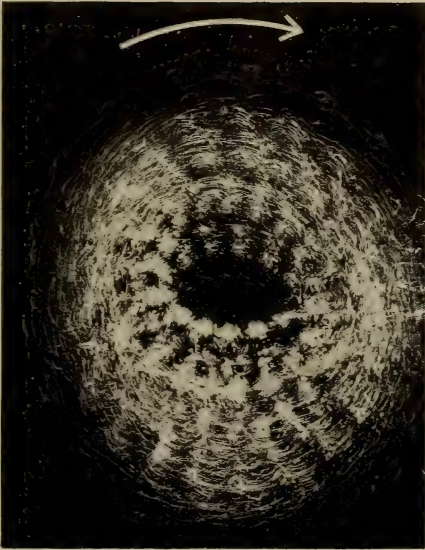
53



50



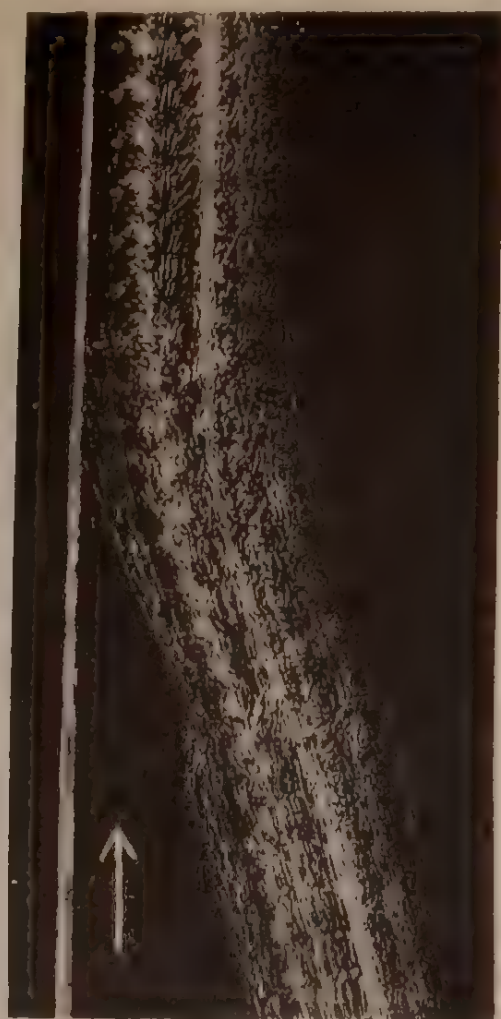
51



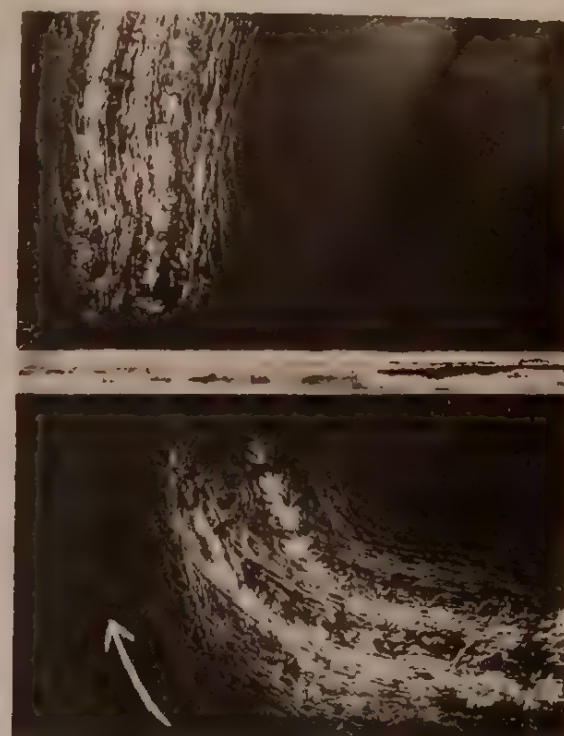
54



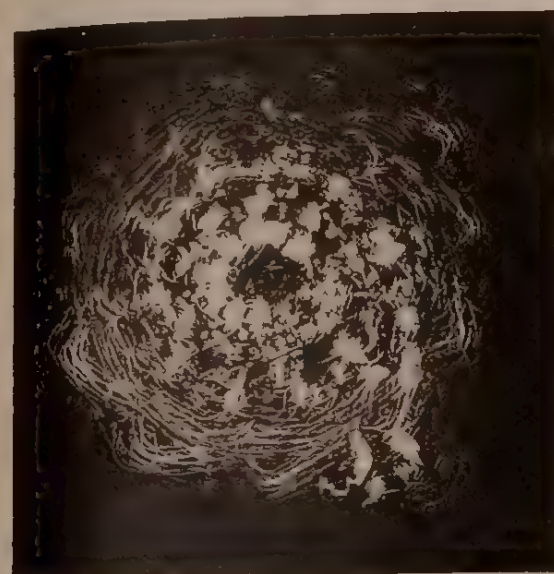
55



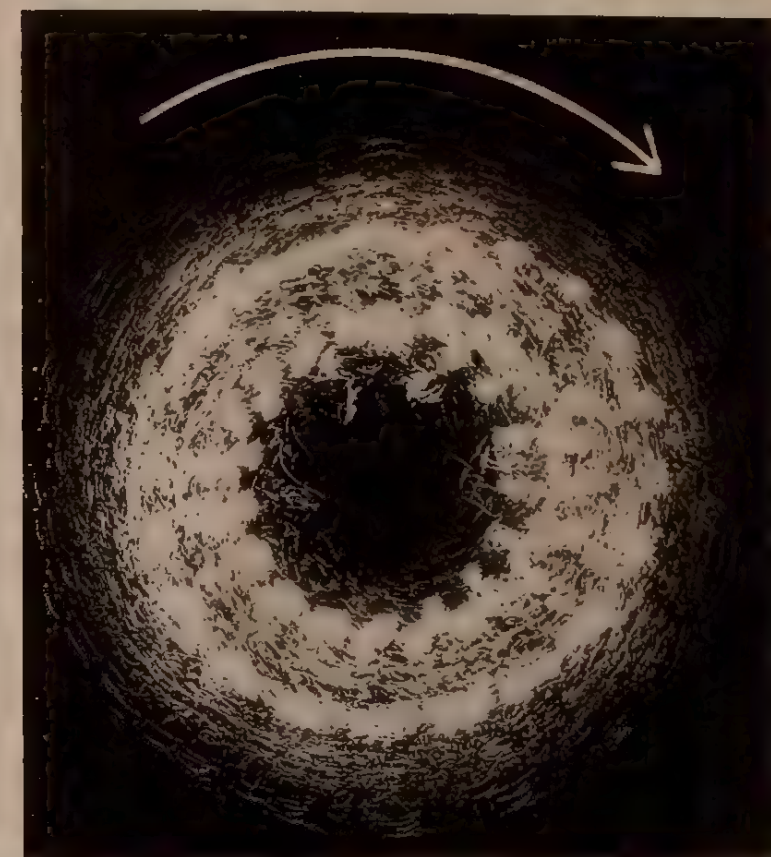
48



49



50



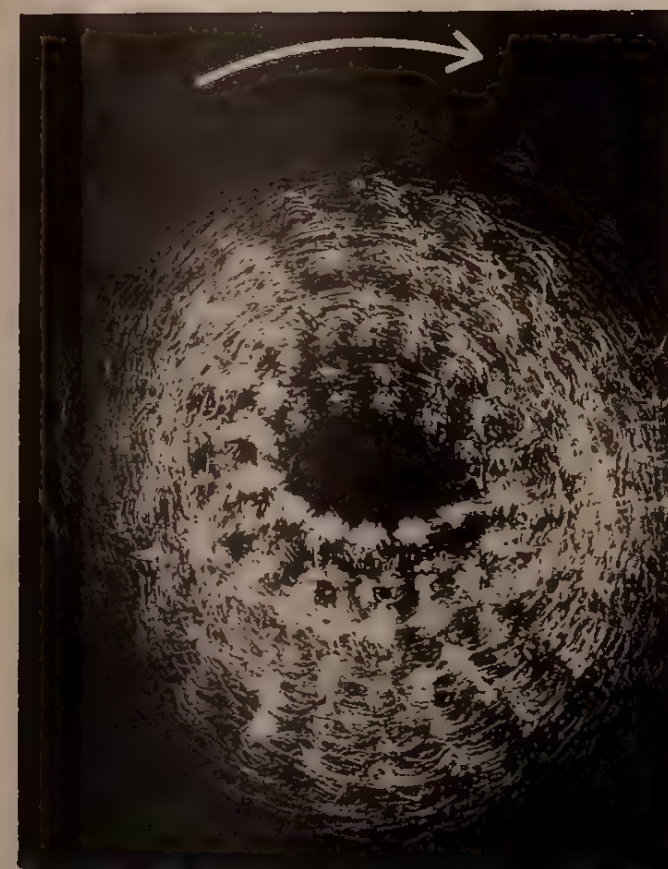
51



52



53



54



55

Neuerscheinungen.

Das Werden der Organismen.

Oskar Hertwig

Berlin. Zweite
Bildungen im Text.

Inhalt: 1. Die vitalistischen und mechanistischen Vorstellungen von der Zelle als Grundlage für die Entstehung der Organismen nach denen aus den Arbeiten von Lamarck, Darwin und Huxley. 2. Die Entstehung der Organismen durch die Generationswechsel. 3. Die Konstanz der Arten. 4. Die Entstehung der Organismen im Mechanismus der Natur. 5. Der gegenwärtige Stand des Problems der Entstehung der Organismen. 6. Lamarckismus und Darwinismus. 7. Zusammenfassung.

Zur Widerlegung von Darwins Zufallstheorie durch das Gesetz in der Entwicklung. Von

Dr. **Oskar Hertwig**, Direktor des anatomisch biologischen Instituts der Universität Jena. Mit 115 Abbildungen. (VI, 77 S. gr. 8°.) 1918. Preis: 24 Mark, geb. 28 Mark. Inhalt: 1. Die Entstehung der Organismen. 2. Die Stellung der Biologie zur Philosophie. 3. Die Lehre vom Leben. 4. Die Lehre von der Entstehung der Organismen. 5. Die allgemeinen Prinzipien der Biologie. 6. Die Entstehung der Organismen. 7. Die Entstehung der Organismen. 8. Die Entstehung der Organismen. 9. Die Entstehung der Organismen. 10. Die Entstehung der Organismen. 11. Die Entstehung der Organismen. 12. Die Entstehung der Organismen. 13. Die Entstehung der Organismen. 14. Die Entstehung der Organismen. 15. Kritik der Selektions- und Zufallstheorie. 16. Zusammenfassung.

Idealistische Biologie und Phylogenetik

tischen Morphologie
der Universität

(Zur Methodik der systematischen Biologie und Phylogenetik)

Dr. **Adolf Naef**, Privatdozent für Zoologie an der Universität Zürich. Mit 4 Figuren im Text. (VI, 77 S. gr. 8°.) 1919. Preis: 3 Mark.

Den Verfasser hat das Bemühen, sachliche und logische Fundamente der biologischen Wissenschaften aus der Verschüttung auszugraben, in die sie infolge ungeheurer Vernachlässigung durch die moderne Forschung geraten sind, und daran im Sinne einer gedanklichen Beherrschung des gegebenen Stoffes weiterzubauen. Hier soll die historische Richtung der neueren Biologie mit der begrifflich-systematischen (idealistischen) der älteren organisch verknüpft und darauf begründet werden. Die Schrift wendet sich an alle für Fragen der theoretischen Biologie interessierten Kreise, insbesondere an die Systematiker, Embryologen und vergleichenden Anatomen.

Die individuelle Entwicklung organischer Formen als Urkunde ihrer Stammesgeschichte.

(Kritische Betrachtungen über das sogenannte „biogenetische Grundgesetz“.) Von Dr. **Adolf Naef**, Privatdozenten für Zoologie an der Universität Zürich. Mit 4 Figuren im Text. (IV, 77 S. gr. 8°.) 1917. Preis: 2 Mark 40 Pf.

Die Beurteilung des biologischen Naturgeschehens

und die Bedeutung der vergleichenden Morphologie. Rede, gehalten zur Feier der akad. Preisverteilung in Jena am 16. Juni 1917 von Dr. **Friedrich Maurer**, o. ö. Professor der Anatomie, Prorektor der Großherzogl. u. Herzogl. sächs. Gesamtuniversität. (36 S. Lex.-Form.) 1917. Preis: 1 Mark 80 Pf.

August Weismann.

Sein Leben und sein Werk. Von **Ernst Gaupp**, weil. o. ö. Professor der Anatomie und Direktor des königl. anatomischen Instituts der Universität Breslau. (VIII, 297 S. gr. 8°.) 1917. Preis: 9 Mark, geb. 12 Mark.

Aus dem Leben und Wirken von Arnold Lang.

Dem Andenken des Freundes und Lehrers gewidmet. Mit einem Titelbild und 11 Tafeln. (IV, 285 S. gr. 8°.) 1916. Preis: 7 Mark, geb. 8 Mark 50 Pf.

Inhalt: 1. Arnold Lang. Von Ernst Haeckel, Jena. 2. Jugendzeit, 1855—1874. Von Karl Hescheler, Zürich. 3. Reisen, Aufenthalt in Bern, 1874—1878. Von Karl Hescheler, Zürich. 4. Arnold Lang und die zoologische Station in Neapel, 1878—1885. Von Hugo Eisig, Neapel. 5. Arnold Lang in Zürich, 1889—1914. Von Karl Hescheler, Zürich. 6. Lebenslauf, Liste der Publikationen von Arnold Lang. Listede Dissertationen, die unter seiner Leitung entstanden. Nekrologe auf Arnold Lang. Von Karl Hescheler, Zürich.

Grundzüge der Theorienbildung in der Biologie. Von Prof. für Zoologie Dr. **Jul. Schaxel**, Vorstand der Anstalt für experimentelle Biologie an der Universität Jena. 1919. Preis: 10 Mark.

Die gegenwärtige Biologie ist keine in sich geschlossene, auf eigene Begriffe begründete Wissenschaft. Sie wird vielmehr von einer Vielheit nach Gegenstand und Auffassung sehr verschiedenartiger Materialsammlungen und Theorien zusammengesetzt, ein Zustand, der in letzter Zeit zur Krisis gediehen ist und der Überwindung harret. Was die Biologie im Innersten bewegt, stellt das vorliegende Buch in den Hauptrichtungen dar. In ihre gedankliche und sachliche Bedingtheit wird ein Einblick versucht und den Grundauffassungen nachgegangen, die sich als Elemente des biologischen Denkens aus seiner entwirren Vielseitigkeit und Ungleichartigkeit herausheben lassen. Der Philosoph wie der Naturforscher wird den Ausführungen seine Aufmerksamkeit schenken müssen, denn vom Standpunkte des Biologen wird bis zur Grenze erkenntniskritischer Fragen vorgedrungen und zugleich die Selbstbestimmung eingeleitet, die der tätige Arbeiter zur zielbewußten Leitung braucht. Den an allgemeiner Biologie und ihren großen über den Rahmen der engeren Wissenschaft hinausreichenden Zusammenhängen Interessierten wie den Fachvertreter (Zoologen, Anatomen, Botaniker, Physiologen, Biochemiker usw.) insbesondere auch den Lehrer dieser Disziplinen, geht die hier geleistete Vorarbeit an, indem sie zu einer Erneuerung der Biologie anregt.

Die Leistungen der Zellen bei der Entwicklung der Metazoen. Von Dr. **Julius Schaxel**, a. o. Professor für Zoologie an der Universität Jena. Mit 48 Abbildungen im Text. (VII, 336 S. gr. 8^o.) 1915. Preis: 9 Mark.

Inhalt. 1. Die Methodik der Cytomorphologie. 2. Die Eibildung als Vorentwicklung der Furchung. 3. Die Bedeutung der Besamung und der Befruchtung für die Furchung. 4. Die Determination der Furchung. 5. Die Determination der Bildung der Organanlagen. 6. Die Determination der histogenetischen Differenzierung. 7. Ausblicke auf Funktion, Seneszenz, Tod und Restitution. 8. Die Zellentheorie. — Verzeichnis der zitierten Literatur. — Register.

Naturwissenschaftliche Wochenschrift, N. F., Band 14, 1915:

Auf jeden Fall ist die Arbeit, die die gesamte einschlägige Literatur einer Kritik unterwirft, eine äußerst wertvolle Neuerscheinung auf dem Gebiete der Zellforschung. Die klare Präzision der sich aus den Experimenten der Entwicklungsmechanik ergebenden theoretischen Folgerungen und ihre Verwertung für die großen Probleme der Entwicklungslehre, heben das Schaxelsche Buch aus dem engen Kreis der Fachliteratur heraus und weisen ihm eine hervorragende Stellung als vorzügliches Einführungswerk in die Probleme der modernen Zellenlehre und Entwicklungsmechanik an. Seine Lektüre mag deshalb auch allen, die sich überhaupt mit den Fragen moderner Biologie beschäftigen, empfohlen werden.

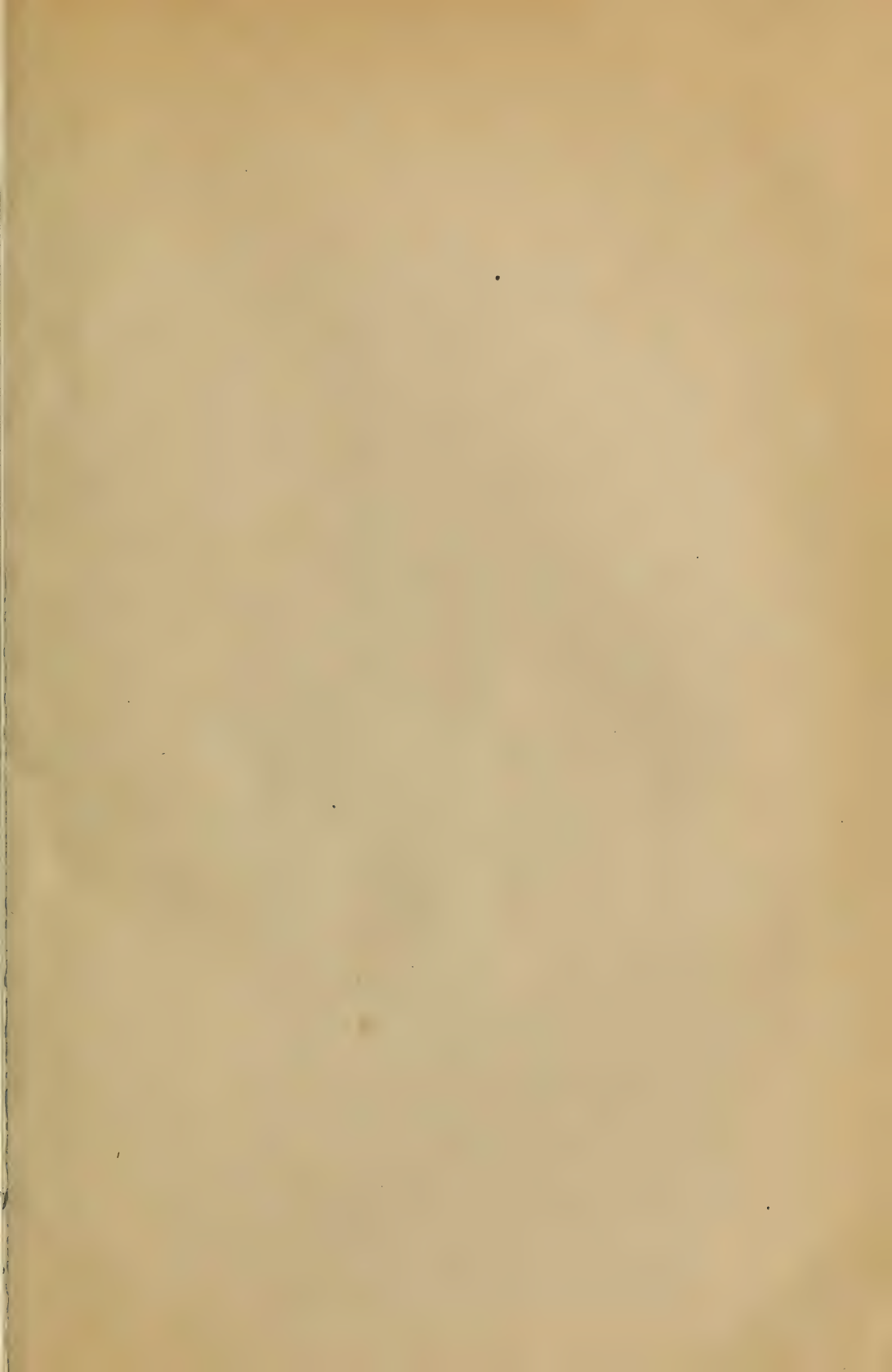
Zentralblatt für Biochemie und Biophysik, Band 18, 1916:

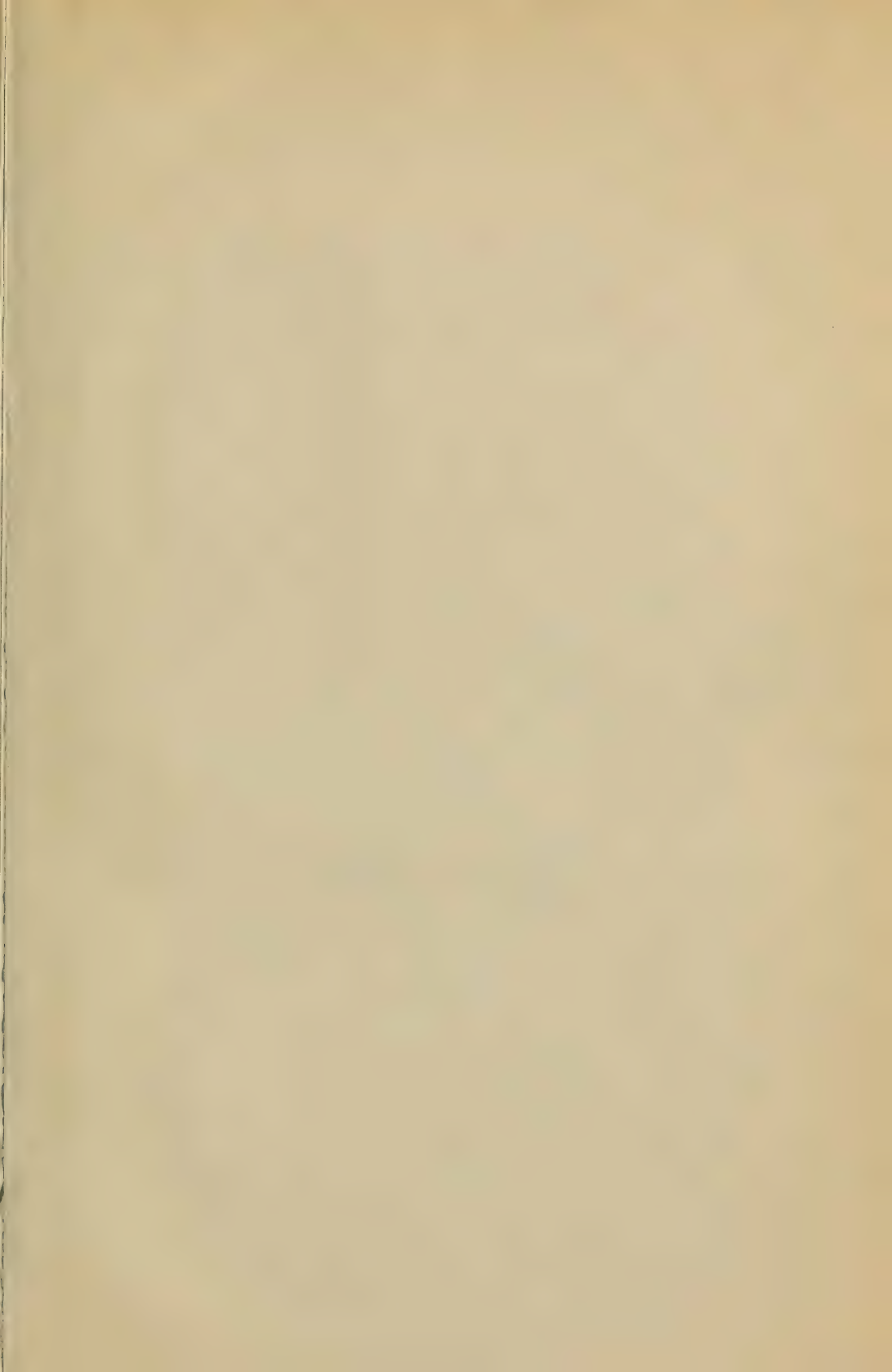
Die Cytomorphologie wird hier als Grenzwissenschaft zwischen morphologischer und physiologischer Betrachtungsweise behandelt, ein interessanter Standpunkt, der das vorliegende Werk unsern Lesern besonders nahebringt. . . Diese Stellungnahme des Verf. ist konsequent, wie überhaupt sein Werk bis zur letzten Darstellung der Zellentheorie klar und folgerichtig bleibt. Wie man sich auch zu den letzten Fragen der Ontogenese stellen mag, man wird anerkennen müssen, daß die Determination dieses Geschehens durch die elementare Beteiligung der Zellen im vorliegenden Werk scharf umrissen ist.

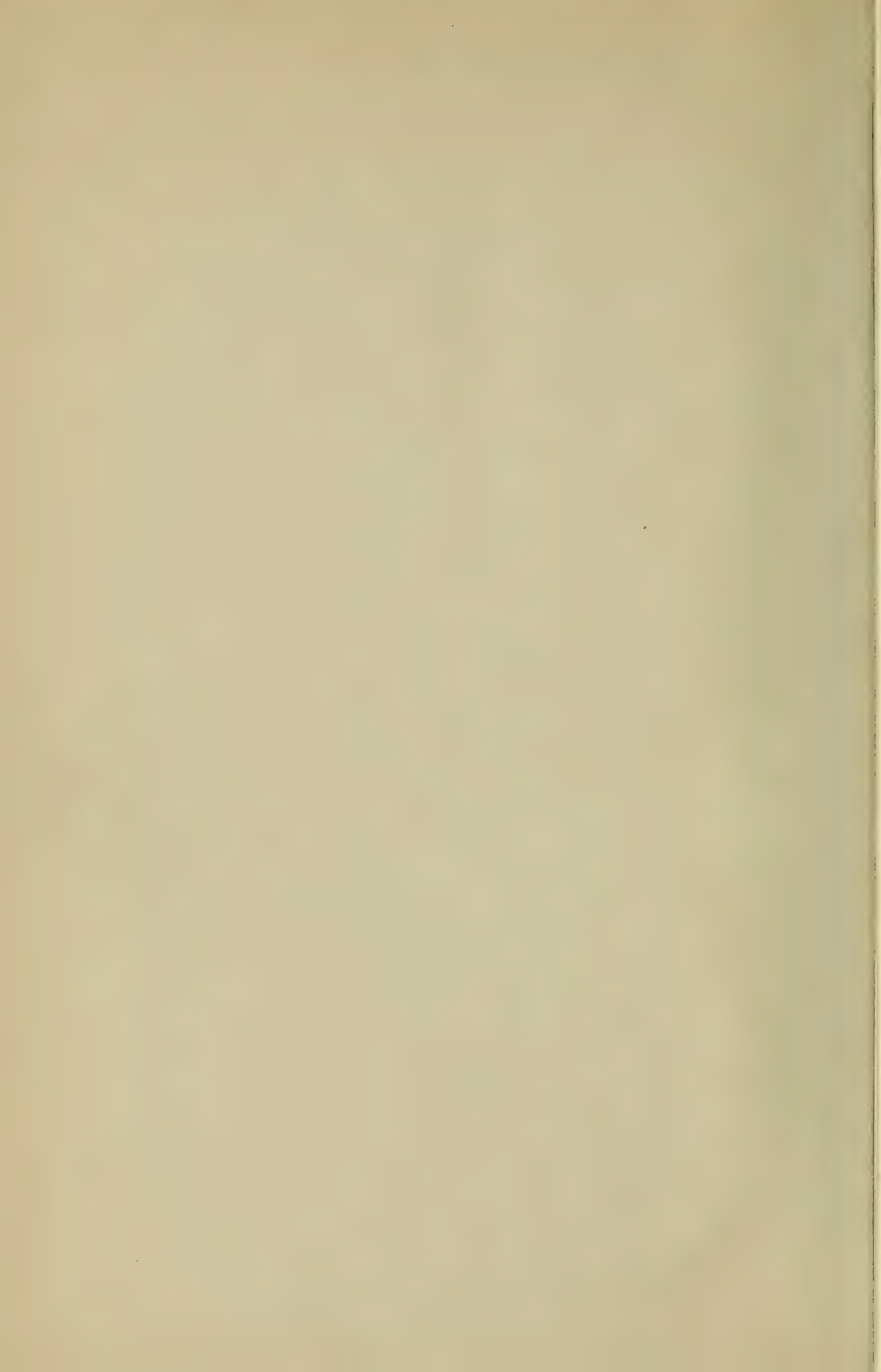
Ueber den Mechanismus der Vererbung. Von Dr. **Julius Schaxel**, a. o. Prof. für Zoologie an der Universität Jena. (31 S. gr. 8^o.) 1916. Preis: 75 Pf.

Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre, Band XIX, Heft 1/2:

Eine außerordentlich anregende Studie, die dartun will, wie die Entwicklungsmechanik berufen sei, im Sinne Johannsen's das „morphologische Korrelativ“ für die zunächst rein statistische, mendelstische Erblichkeitsforschung abzugeben.











SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 00805 1146